



Inovace hydraulické rychlospojky

Diplomová práce

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

Inovační inženýrství

Autor práce:

Bc. Marek Šíkola

Vedoucí práce:

doc. Ing. Petr Lepšík, Ph.D.

Katedra částí a mechanismů strojů





Zadání diplomové práce

Inovace hydraulické rychlospojky

Jméno a příjmení: **Bc. Marek Šikola**
Osobní číslo: S18000267
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Inovační inženýrství
Zadávací katedra: Katedra částí a mechanismů strojů
Akademický rok: **2019/2020**

Zásady pro vypracování:

Provedte inovaci hydraulické bezodkapové rychlospojky ISO 12,5 s parametry:

- pracovní tlak 25 MPa
- jmenovitý průtok 45 l/min
- maximální velikost úkapu 0,07 ml

- 1) Představení úkolu
- 2) Návrh tří konceptů, jejich zhodnocení a výběr finální varianty
- 3) Výpočtová zpráva
- 4) Vypracování 3D a výkresové dokumentace vybraných dílů
- 5) Ekonomické zhodnocení
- 6) Závěrečné zhodnocení

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

přílohy dle potřeby
50
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

- [1] PEŠÍK, L. Části strojů. 1. díl. Liberec: Technická univerzita 2005. ISBN 978-80-7372-573-0
- [2] PEŠÍK, L. Části strojů. 2. díl. Liberec: Technická univerzita 2005. ISBN 978-80-7372-574-7
- [3] MAŠÍN I. a P. JIRMAN. Metody systematické kreativity. Liberec: Technická univerzita v Liberci 2012. ISBN 978-80-7372-853-3
- [4] LEINVEBER, J. a P. VÁVRA. Strojnické tabulky. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4
- [5] MAŠÍN I. a L. ŠEVČÍK. Metody inovačního inženýrství: Inovace, plánování a navrhování výrobku. Vyd. 1. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006. ISBN 80-903533-0-4
- [6] MAŠÍN, I. Inovační inženýrství – Plánování a návrh inovovaného výrobku. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 168s. ISBN 978-80-7372-852-6.
- [7] Databáze knihovny TUL

Vedoucí práce:

doc. Ing. Petr Lepšík, Ph.D.
Katedra částí a mechanismů strojů

Datum zadání práce:

12. února 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

12. srpna 2021

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

L.S.

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 12. února 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

8. června 2020

Bc. Marek Šíkola

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu práce doc.Ing.Petru Lepšíkovi, Ph.D. za odborné připomínky a vstřícný přístup během psaní této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Josefu Nejedlovi za odborné rady a dalším zaměstnancům z firmy KNOMI s.r.o. V neposlední řadě bych chtěl také poděkovat své rodině a přátelům za podporu po celou dobu studia.

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na inovaci hydraulické rychlospojky. Konstrukce této rychlospojky je navržena s ohledem na zadané parametry, které vycházejí z mezinárodní normy. V teoretické části jsou shrnuty informace o problematice rychlospojek včetně jejich typů. Dále je pomocí metodik inovačního inženýrství navrženo několik druhů konceptů, z nichž je následně zvolen jeden, který bude dále rozpracován. Výpočtová zpráva se zabývá samotným návrhem konstrukce. Součástí práce je také 3D model rychlospojky s výkresovou dokumentací vybraných dílů.

Klíčová slova: rychlospojka, tlak, hydraulika, těsnění

Annotation

Diploma theses is focused on innovation of hydraulic quick coupling. Construction design is based on specified parameters of standard. In the theoretical part there are summarized basic information about hydraulic quick couplings included their types. Furthermore, several types of concepts are designed using innovative engineering methods, one of which is selected and further developed. Calculation report deals with the design of the construction itself. Drawing documentation of chosen parts and 3D model of hydraulic quick coupling are included.

Klíčová slov: quick coupling, pressure, hydraulic, sealing

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíl práce.....	11
3	Popis současného stavu.....	12
3.1	Problematika rychlospojek.....	14
4	Plánování inovace.....	17
4.1	Inovační záměr.....	17
4.2	Inovační prohlášení.....	17
4.3	Průzkum trhu.....	17
4.3.1	Bezodkapové rychlospojky Stucchi.....	18
4.3.2	Série A bezodkapové rychlospojky Stucchi.....	18
4.3.3	Série A-HD bezodkapová rychlospojka Stucchi.....	19
4.3.4	A-HP bezodkapové rychlospojky.....	19
4.3.5	APM rychlospojka.....	20
4.3.6	Těsnící kroužky.....	20
4.3.7	Těsnící NBR kroužky.....	21
4.3.8	Těsnící EPDM kroužky.....	22
4.3.9	Těsnící PTFE kroužky.....	22
4.3.10	Silikonové kroužky.....	23
5	Funkční – objektová analýza.....	23
6	Generování konceptu.....	24
6.1	Patentová rešerše.....	24
6.1.1	Patent 1 (US6026857A).....	25
6.1.2	Patent 2 (US2017261140A1).....	25
6.1.3	Patent 3 (CZ280921).....	26
6.2	Koncepty řešení.....	27
6.2.1	Koncept A.....	27
6.2.2	Koncept B.....	28
6.2.3	Koncept C.....	29
6.3	Výběr konceptu.....	30
6.3.1	Kritéria konceptů.....	30
6.3.2	Párové porovnání.....	31

7	Optimalizace konceptu	34
7.1	DFX metody	34
7.1.1	DFA Lucas	34
7.1.2	DFM – Design for Manufacturing	38
7.1.3	DFD a DFE – Design for Disassembly a Design for Enviroment	38
7.2	FMEA – K.....	39
8	Výpočtová část.....	41
8.1	Výpočet pružin	41
8.1.1	Pružina 1	41
8.1.2	Pružina 2	43
8.1.3	Pružina 3	44
8.1.4	Pružina 4	45
8.2	Pevnostní kontrola válcových částí dílů rychlospojky	47
8.2.1	Pevnostní kontrola zásuvky	47
8.2.2	Pevnostní kontrola zástrčky	48
8.2.3	Pevnostní kontrola místa s nejmenší tloušťkou stěny	49
8.3	Výpočet velikosti úkapu.....	50
8.4	Výpočet průtoků.....	51
8.5	Analýza rychlosti proudění metodou konečných prvků.....	52
8.6	Pevnostní analýza metodou konečných prvků	55
9	Hodnotová analýza	57
9.1	Nákladový list	58
9.2	Definování funkcí.....	59
9.3	Nákladová funkční matice.....	60
9.4	Diagram funkce – náklady	60
10	Finální konstrukce.....	61
11	Ekonomické zhodnocení.....	63
12	Závěr	66
	Seznam literatury	68
	Seznam tabulek	70
	Seznam obrázků.....	71
	Seznam příloh	73

Seznam zkratk a symbolů

Značka	Název	Jednotka
A	konstanta pro výpočet napětí v tlustostěnné nádobě	[-]
B	konstanta pro výpočet napětí v tlustostěnné nádobě	[-]
r_1	vnitřní poloměr	mm
r_2	vnější poloměr	mm
σ_r	radiální napětí	MPa
σ_t	tečné napětí	MPa
σ_{RED}	redukováné napětí	MPa
k	bezpečnost	[-]
k	tuhost pružiny	N/mm
y_1	deformace pružiny při předpětí	mm
y_8	maximální deformace pružiny	mm
L_0	volná délka pružiny	mm
L_1	délka předpjaté pružiny	mm
L_8	délka zatížené pružiny	mm
d	průměr pružinového drátu	mm
D	střední průměr pružiny	mm
R_m	mez pevnosti	MPa
R_e	mez kluzu	MPa
h	výška zdvihu pružiny	mm
F_1	síla předpětí	N
F_8	maximální síla	N

i	poměr vinutí	[-]
K	korekční součinitel napětí v krutu	[-]
τ_{K8}	maximální smykové napětí	MPa
τ_{DM}	dovolené mezní napětí	MPa
S	součinitel bezpečnosti pružiny	[-]
V	objem kapaliny	mm ³
Q	objemový průtok	m ³ /s
v	rychlost proudění kapaliny	m/s
S	obsah plochy	mm ²
Re	Reynoldsovo číslo	[-]

1 Úvod

Poznatky o hydraulice na základě pozorování jevů v přírodě zkoumají lidé od pradávna. Již v Mezopotámii stavěli Sumerové závlahové a odvodňovací kanály i ochranné hráze proti záplavám. Římané budovali akvadukty, kterými dopravovali vodu do měst. Z toho vyplývá, že se člověk odjakživa snaží kontrolovat tok vody. S příchodem první průmyslové revoluce se začaly využívat nové zdroje energie. Největší zastoupení měla pára, ale nemenší podíl začala mít i hydraulika. Už tehdejší hydraulický lis byl schopný vyvinout tlak několika tisíc tun. S příchodem hydraulických zařízení, kde byly používány stále větší tlaky, začaly být kladeny vyšší nároky na hydraulické rozvody. Tyto nároky se týkaly použitím trubek větší světlosti, lepších materiálů a především výhodnější konstrukcí celého systému. [7]

U některých hydraulických systémů je zapotřebí rychlé rozpojení obvodu. Toto rozpojení lze dosáhnout hydraulickou rychlospojkou. Příkladem je zemědělská technika, která je připojena do hydraulického okruhu traktoru. Každé spojení a rozpojení má za následek nepatrný únik oleje. Může také dojít k znečištění konců rychlospojky a následnému kontaminování oleje, což může mít za následek poškození hydraulického čerpadla. Proto byly vymyšleny bezúkapové rychlospojky, které se tento únik a znečištění snaží minimalizovat. Nevýhodou těchto spojek je složitější konstrukce a obtížná montáž. [8]

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je inovace hydraulické rychlospojky na základě zadaných parametrů, které vychází z normy. Tato norma poskytuje informace o základních rozměrech rychlospojky v různých řadách. Inovace bude provedena na řadě ISO 12,5, jelikož se jedná o nejrozšířenější řadu rychlospojek. Norma dále uvádí pracovní tlak 25 MPa, jmenovitý průtok 45 l/min a maximální velikost úkapu 0,07 ml. Hlavním předmětem inovace bude úprava konstrukce s ohledem na zmenšení velikosti úkapu, s kterou bude spojena i jednodušší montáž.

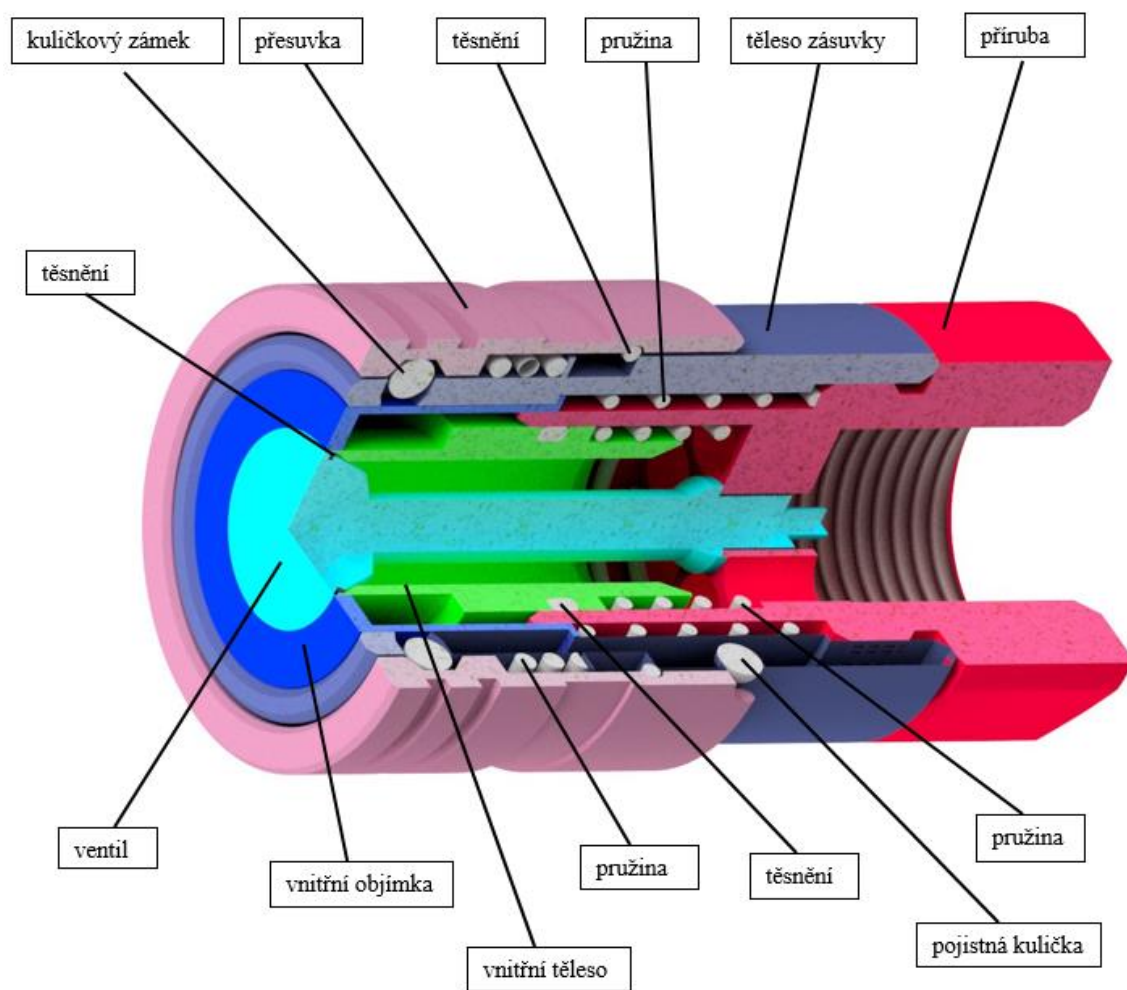
3 Popis současného stavu

Pro popis současného stavu byla vybrána rychlospojka FIRG s plochými čely ventilů, která je základním typem bezúkapových rychlospojek. Hydraulická rychlospojka slouží k rychlému spojení a rozpojení hydraulických hadic. Spojka se skládá ze dvou částí, zásuvka a zástrčka. Spojením těchto dvou částí má za následek propojení hydraulického obvodu. Po tomto propojení začne proudit hydraulické médium, nejčastěji olej.

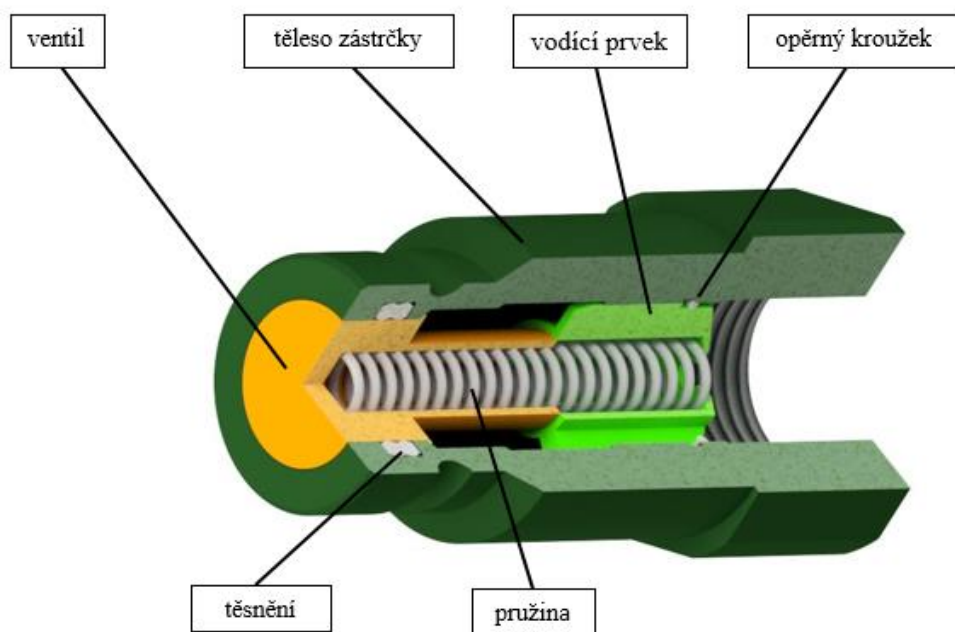


Obrázek 1- Bezúkapová rychlospojka FIRG ISO 12,5

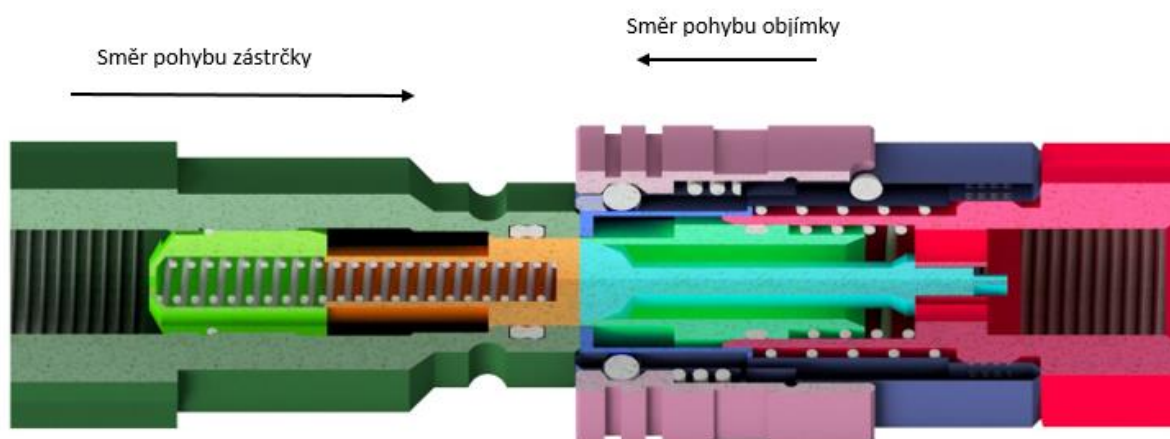
Při spojování dojde k posunu vnitřní objímky, která začne stlačovat pružinu usazenou v přírubě. Ve stejnou chvíli se začne posouvat ventil zástrčky, taktéž stlačující pružinu opřenu o vodící prvek. Vnitřní objímka je dále posouvána, až se dostane do kontaktu s vnitřním tělesem, které začne také posouvat a stlačovat pružinu ukotvenou ve vnitřní drážce příruby. V momentě prvního posunu vnitřního tělíska začne docházet k propojení dutiny pro proudící kapalinu v zásuvce. Na straně zástrčky se ventil posune do definované polohy a také vytvoří dutiny pro proudící kapalinu. V tuto chvíli došlo k propojení obvodu v obou částech rychlospojky a může začít proudit hydraulická kapalina. Při úplném spojení dojde také k uvolnění bezpečnostních kuliček, které se zasunou do drážek v zástrčce. V momentě zasunutí kuliček do drážek se uvolní akumulovaná energie v pružině, držící přesuvku, která slouží jako zamykací mechanismus. Pro rozpojení hydraulického kompletu stačí pouze posunout přesuvku ve směru zásuvky. Vlivem energie stlačených pružin dojde k návratu pohyblivých komponent do výchozí polohy, respektive se obě části rychlospojky rozpojí.



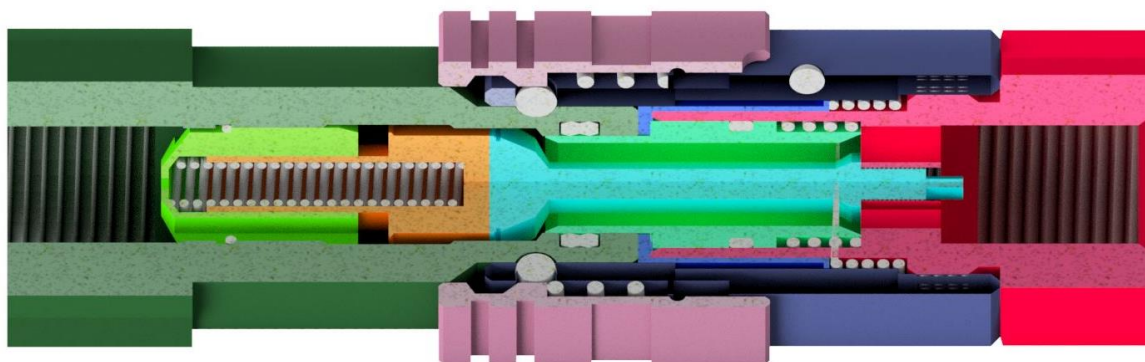
Obrázek 2 - Popis komponent zásuvky



Obrázek 3 - Popis komponent zástrčky



Obrázek 4 - Obě části rychlospojky před spojením



Obrázek 5 - Obě části rychlospojky po spojení

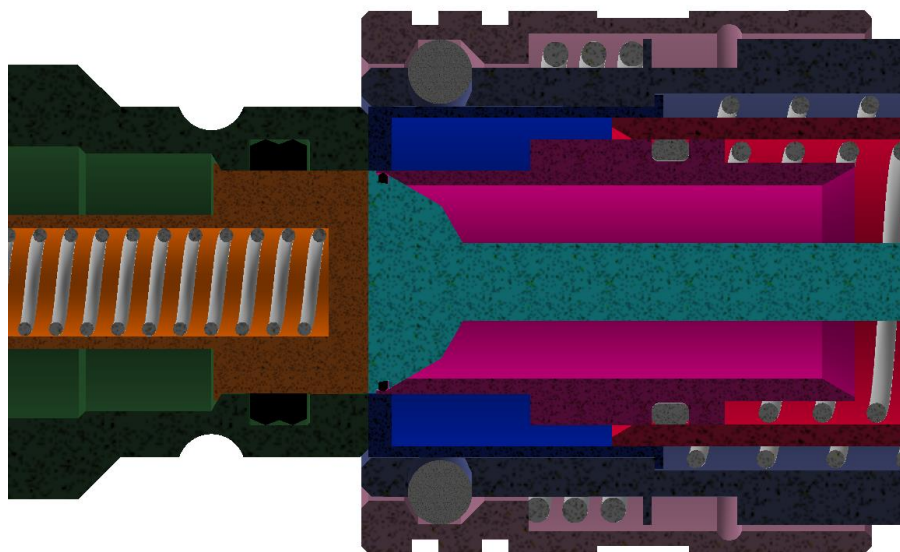
3.1 Problematika rychlospojek

V první řadě je nutné si uvědomit, že se v dnešní době kladou vysoké nároky na ekologičnost prostředí. Tyto nároky se netýkají jen regulací při spalování uhlíku a znečišťování ovzduší, ale při celé řadě dalších doprovodných dějů jako je kontaminace půdy a podzemní vody. V zemědělství dochází k časté výměně taženého zařízení za traktorem. Při této výměně musí dojít i k odpojení hydraulického okruhu, což znamená vyjmutí zástrčky taženého zařízení ze zásuvky umístěné v zadní části traktoru. Následkem této výměny bývalo vytečení oleje na zemědělskou půdu a tím pádem došlo ke kontaminaci zeminy olejem. A proto bylo zapotřebí pozměnit konstrukci hydraulických rychlospojek, aby se tomuto úniku co nejvíce zamezilo.

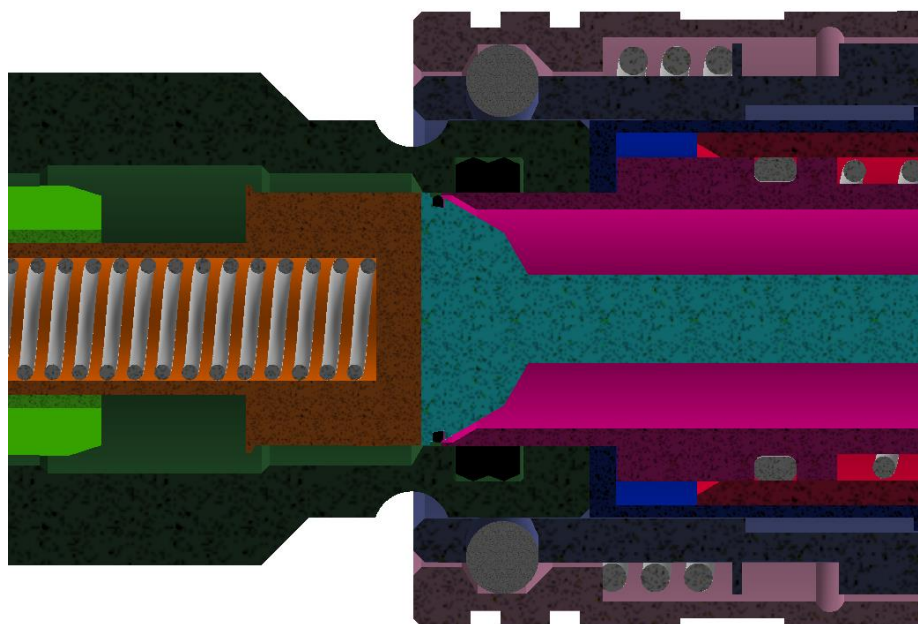
Hlavní změnou konstrukce bezúkapových rychlospojek je v plochých čelech ventilů. Tyto prvky nám už na první pohled utěšňují obě části rychlospojky. Dále zamezují kontaminaci oleje nečistotami. Dalším podstatným konstrukčním prvkem, který zabraňuje úniku oleje, je výběr vhodného těsnění. Na obrázku 6 je znázorněna situace krátce před samotným spojením obou částí. Je patrné, že jsou obě části opatřeny těsněními na místech, kde by mohlo dojít k úniku oleje. Na obrázku 7 je situace, kdy již došlo k částečnému spojení obou částí, ale ještě nedošlo k propojení hydraulického obvodu. V tento moment je zástrčka zasunuta dostatečně do zásuvky, aby došlo k utěsněnému propojení mezi oběma částmi. Na obrázku 8 již došlo k úplnému propojení hydraulického obvodu.

Nedostatky zkoumané rychlospojky:

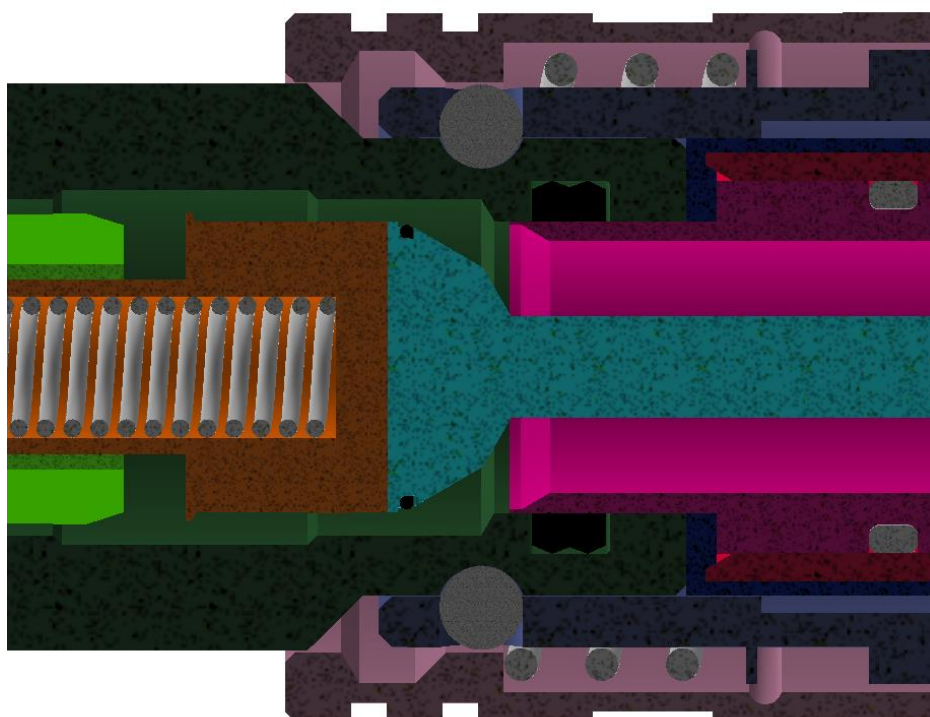
- složitá montáž pojistného kroužku do drážky kuželu ventilu
- složitá výroba drážky kuželu ventilu
- složitá montáž opěrného kroužku v zástrčce
- není modulární



Obrázek 6 - Ukázka těsnění v obou částech rychlospojky



Obrázek 7 - Částečné propojení obou částí



Obrázek 8 - Úplné propojení hydraulického obvodu

4 Plánování inovace

V této kapitole budou popsány úvodní fáze inovačního cyklu, které předchází samotnému vývoji výrobku. Jedná se především o metody marketingového výzkumu. Tyto systematické metody zefektivňují celou fázi plánování.

4.1 Inovační záměr

Na základě detailní dekonstrukce současné rychlospojky byl ustanoven inovační záměr. Vytvořte návrh nové konstrukce hydraulické rychlospojky s cílem snížit velikost úkapu a zjednodušit nároky na montáž.

4.2 Inovační prohlášení

Inovační prohlášení definuje záměr inovace a popisuje směry, které by měly být sledovány při samotném vývoji nového výrobku.

Tabulka 1 - Inovační prohlášení

Popis inovovaného výrobku (záměr)	Nová konstrukce hydraulické rychlospojky s cílem zmenšení velikosti úkapu a zjednodušení nároků na montáž obou konců
Klíčové obchodní cíle	Rozšířit nabídku dostupných hydraulických rychlospojek
Primární trh	Zemědělství
Sekundární trh	Hydraulické aplikace
Předpoklady	Předpokládá se, že rychlospojka bude fungovat dle požadavků normy ISO 16028
Omezení	Rychlospojka nesmí výrazně odkapávat při spojení/rozpojení

4.3 Průzkum trhu

Průzkum trhu byl zaměřen na dostupné hydraulické bezukapové rychlospojky od italské firmy Stucchi. Dále byly zkoumány typy materiálů těsnících kroužků.

4.3.1 Bezodkapové rychlospojky Stucchi

Hydraulické bezodkapové rychlospojky jsou určeny k rychlému spojování nebo rozpojování hydraulických trubek nebo hadic bez výrazného úniku proudícího média. Tyto rychlospojky jsou aplikovány u zemědělských, lesních a jiných strojních zařízení, kde je potřeba častá výměna hydraulických modulů, což má za následek úsporu času a nákladů. [17]



Obrázek 9 - Aplikace rychlospojek [18]

4.3.2 Série A bezodkapové rychlospojky Stucchi

Série A patří mezi nejrozšířenější bezodkapové rychlospojky od firmy Stucchi. Vyznačují se snadným připojením a rozpojením. Komponenty jsou převážně vyrobeny z automatové oceli. U některých dochází k povlakování vrstvou ZnNi a následně pasivační vrstvou Cr3. Běžně použité těsnící kroužky jsou z materiálu NBR, který je vhodný do pracovních teplot od -20°C do 100°C. Vyrábí se také v provedení, kde je použit VITON, který odolá teplotám až 180°C. Rychlospojky jsou dostupné v různých typech provedení závitů. Maximální průtok je až 720 l/min. [10]



Obrázek 10 - Rychlospojka série A [10]

4.3.3 Série A-HD bezodkapová rychlospojka Stucchi

Hlavní předností bezúkapových rychlospojek A-HD je možnost zapojení hydraulického obvodu za přítomnosti zbytkového tlaku na straně zásuvky. Jsou vyrobeny z vysokopevnostní uhlíkové oceli, která je dále povlakována pro zvýšení odolnosti proti korozi. Materiály použitých těsnění jsou NBR a POM, vhodné do pracovních teplot od -20°C do 100°C. Maximální průtok je 90 l/min. [11]



Obrázek 11 - Rychlospojky série A-HD [11]

4.3.4 A-HP bezodkapové rychlospojky

Bezodkapové rychlospojky A-HP jsou určeny pro hydraulické aplikace, kde je požadován velmi vysoký pracovní tlak. Komponenty jsou vyrobeny z vysoce odolné uhlíkové oceli, které jsou dále povlakovány pro zvýšení korozní odolnosti. Maximální průtok je 46 l/min při pracovním tlaku až 72 MPa. Nevýhoda této rychlospojky je nemožnost zaměnit za jiný typ od jiného výrobce, protože jsou kompatibilní pouze dle specifikace firmy Stucchi. [12]



Obrázek 12 - Rychlospojka série A-HP [12]

4.3.5 APM rychlospojka

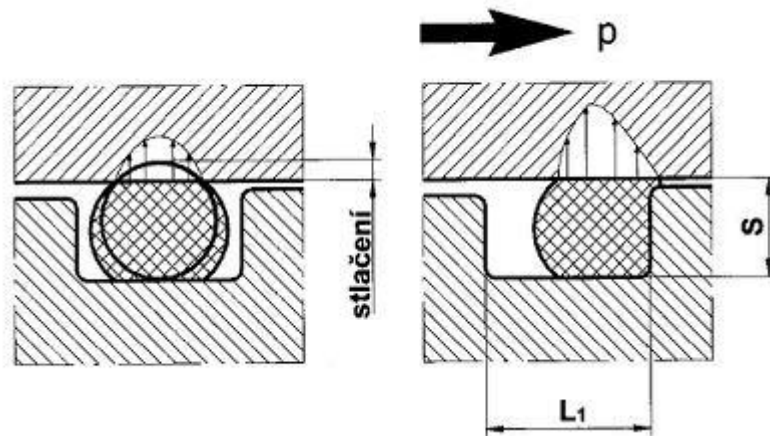
APM rychlospojka představuje pouze zástrčku, která je kompatibilní s ostatními druhy zásuvek. Komplet lze spojit i za přítomnosti zbytkového tlaku na straně zástrčky. Rychlospojka má speciální konstrukci trojitého ventilu, který se skládá z dvojitého vnitřního přetlakového ventilu a z plochého čelního ventilu. Tato konstrukce dokáže postupně vypouštět tlak a zároveň zabráňuje v úniku kapaliny. Maximální průtok je 750 l/min s pracovním tlakem až 35 MPa. [9]



Obrázek 13 - Rychlospojka série APM

4.3.6 Těsnící kroužky

Těsnící kroužek je elastický prvek většinou kruhového průřezu o vysoké přesnosti. Je aplikován v místech, kde je zapotřebí utěsnit prostor před vniknutí kapaliny anebo plynu. Těsnící kroužek při stlačení působí jak v axiálním tak v radiálním směru. Po zatížení tlakem vytvoří kroužek výslednou těsnící sílu, která roste se zatěžujícím tlakem. Důležitým tvarovým prvkem, při návrhu těsnícího kroužku je těsnící spára. Při působení tlaku na kroužek dojde k jeho vtlačení do protilehlé spáry a tím vyplní mezeru, kde by mohlo dojít k úniku kapaliny nebo plynu. Musí se dbát na výběr vhodné velikosti kroužku. Pokud by byl kroužek v drážce příliš malý, mohlo by dojít ke vtlačení celého kroužku do drážky, což by mohlo vést k jeho zničení. [13]



Obrázek 14 - Těsnicí spára [13]

4.3.7 Těsnicí NBR kroužky

Materiál NBR (Nitril-butadien-kaučuk) je nejběžněji používaný materiál pro výrobu těsnících kroužků. Vyznačuje se vysokou mechanickou odolností a třecím odporem. Kroužky z NBR dobře odolávají hydraulickým olejům, mazivům, benzinu a jiným uhlovodíkům. Rozsah teplotního použití je od -40°C do 130°C . [14]



Obrázek 15 - NBR těsnění [14]

4.3.8 Těsnící EPDM kroužky

Etylen-propylen (EPDM) je materiál charakteristický svou vysokou odolností proti stárnutí, ultrafialovému záření a vysokým teplotám. Jsou také odolné vůči trvalé deformaci. Kroužky z EPDM materiálu dobře odolávají polárním kapalinám a minerálním kyselinám. Nejsou vhodné pro minerální oleje, maziva a uhlovodíkové kapaliny. Teplotní rozsah je od -40°C do 130°C . [15]



Obrázek 16 - EPDM těsnění [22]

4.3.9 Těsnící PTFE kroužky

Materiál PTFE (teflon) se používá především jako podpůrný prvek pro elastomerové těsnění. Vyznačuje se nízkým koeficientem tření vůči ostatním povrchům, a to má za následek použití teflonu při dynamickém namáhání těsnění. Odolává téměř všem tekutým a plynným mediím. Teplotní rozsah je od -200° do 200°C . Jelikož se jedná o neelastický polymerický materiál, může docházet k problému při montáži kroužku do drážky. Doba návratnosti kroužku do původního tvaru je také mnohem delší než u elastických. Z těchto důvodů nelze jednoduše nahradit elastická těsnění v různých sestavách. [16]



Obrázek 17 - Teflonové těsnění [23]

4.3.10 Silikonové kroužky

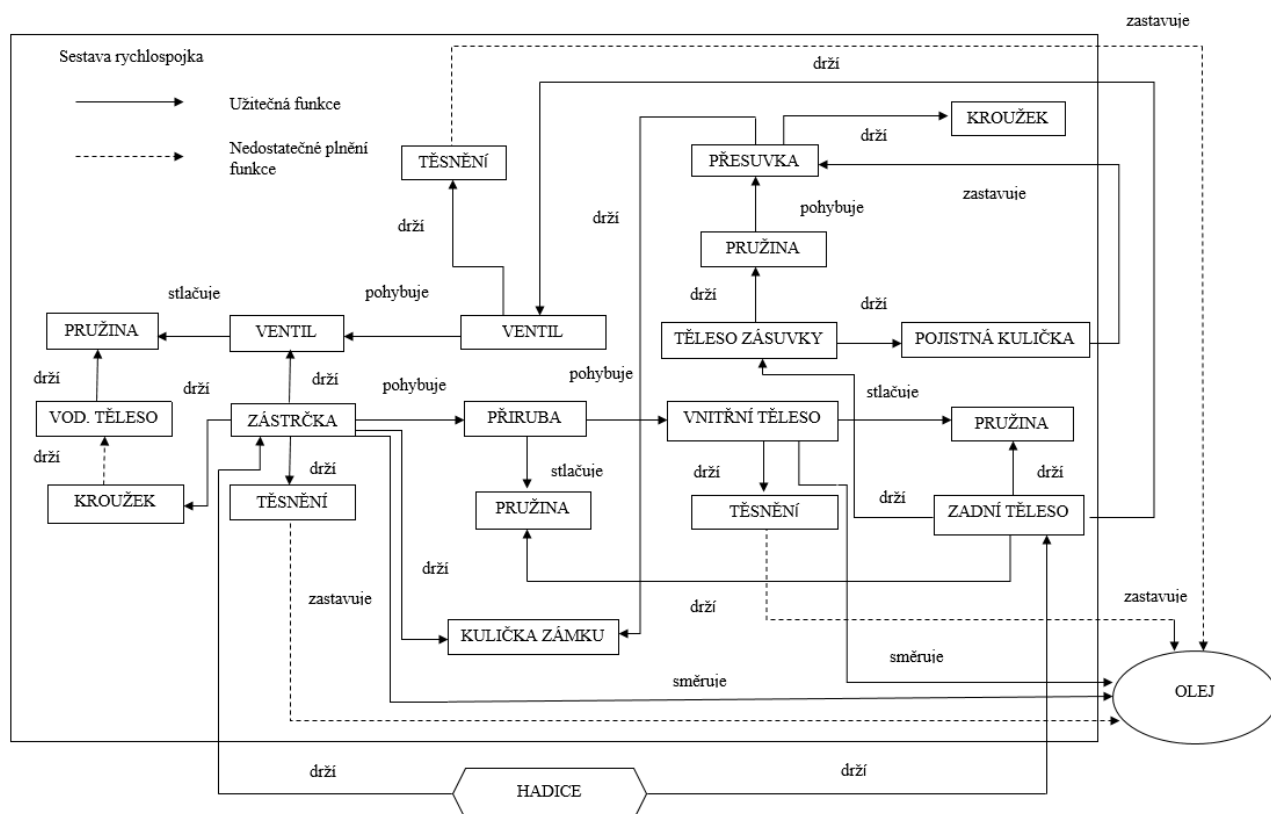
Silikonové kroužky se používají hlavně v aplikacích, kde je vyžadován velký rozsah teplot. Svoji elasticitu si zachovávají jak při nízké tak vysoké teplotě. Odolávají minerálním olejům, mazivům. Velmi dobře odolávají atmosférickému stárnutí. Teplotní rozsah je od -30°C do 210°C . Silikon není vhodné používat v kontaktu s uhlovodíky, jelikož může docházet k bobtnání a změkčování elastomeru. [15]



Obrázek 18 - Silikonové těsnění [24]

5 Funkční – objektová analýza

Tato metoda zachycuje chování celého technického systému pomocí uskutečněných funkcí. Získané působení a vazby v technickém systému se převedou na funkce tak, že jedna komponenta systému působí na druhou. Popis těchto funkcí se provádí orientovanými šipkami, které reprezentují jednotlivé vazby. Cílem této metody je identifikovat nedostatečné plnění funkcí, případně zjednodušit technický systém. [3]



Obrázek 19 - Funkční - objektová analýza

Provedením funkční objektové analýzy byla zjištěna nedostatečně plněná funkce “zastavování oleje”. Při generování konceptu bude nutné se zaměřit na těsnící prvky rychlospojky.

6 Generování konceptu

Tato kapitola se bude věnovat návrhu konceptů. Nejdříve bude provedena patentová rešerše známých řešení, která je důležitým krokem při inovování výrobku. Následně se navrhnou koncepty, z kterých bude vybrán jeden.

6.1 Patentová rešerše

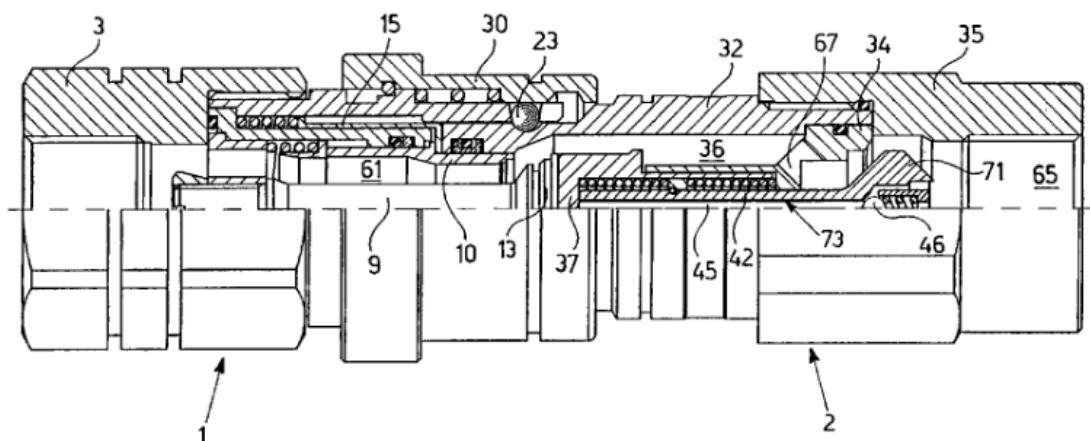
Při generování konceptů byla provedena patentová rešerše v oblasti hydraulických rychlospojek. Byly prozkoumány dostupné patentové databáze na různých webových

stránkách. Jako nejlepší zdroj patentů se osvědčil server patentinspiration, jelikož jsou zde výuková videa, díky kterým lze snadno pochopit princip vyhledávání v databázi.

Vyhledáním relevantních patentů bylo odhaleno několik zajímavých řešení, které pomůžou při tvorbě vlastních konceptů.

6.1.1 Patent 1 (US6026857A)

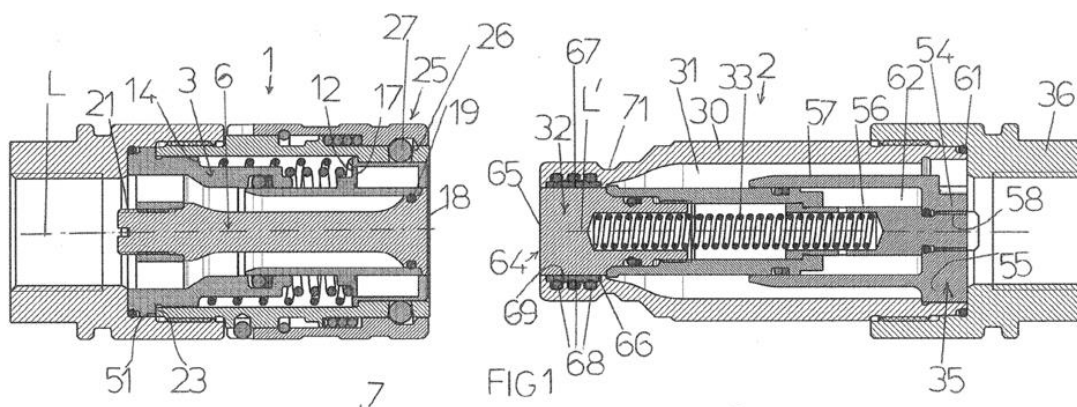
Patent popisuje hydraulickou rychlospojku, kterou lze spojit i za přítomnosti zbytkového tlaku v obvodu. Obě části rychlospojky obsahují přetlakový a bezpečnostní ventil, díky kterým lze obě části propojovat i pod zbytkovým tlakem. Přítomnost speciálních těsnění také zabraňuje v úniku tekutého média při rozpojení. Další výhodou tohoto patentu spočívá v použití modulárních koncovek obou částí rychlospojky. Tato výhoda bude využita při tvorbě vlastních konceptů hydraulické rychlospojky. [19]



Obrázek 20 - Patent 1 [19]

6.1.2 Patent 2 (US2017261140A1)

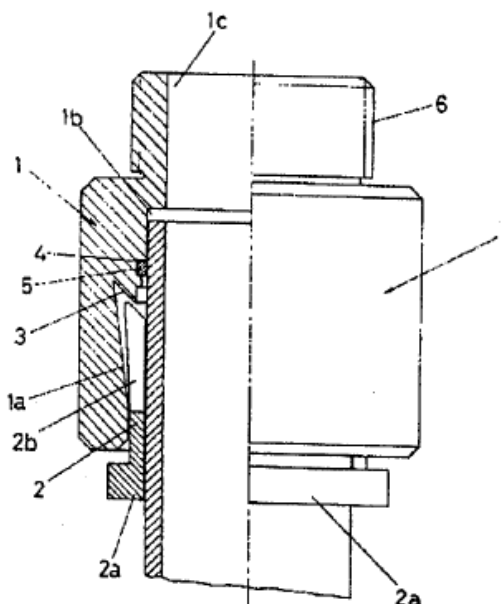
Tento patent popisuje hydraulickou rychlospojku, kterou lze zapojit i za přítomnosti zbytkového tlaku na straně zástrčky. Pro jednodušší spojování obou součástí je zástrčka opatřena bronzovým ložiskem, díky kterému dojde k menšímu tření, což má za následek použití menší síly při spojování. Těsnění na kuželu zásuvky je namontováno do obyčejné drážky. Jednoduchost tohoto řešení bude promítnuta do návrhu vlastních konceptů hydraulické rychlospojky. [20]



Obrázek 21 - Patent 2 [20]

6.1.3 Patent 3 (CZ280921)

Tato rychlospojka slouží pro spojování a rozpojování hydraulických potrubí. Obsahuje duté válcové těleso, které je na svém největším průměru napojeno na kuželové osazení. Objímka, vsunutá dovnitř, je opatřena axiálními ohebnými jazýčky, jejichž volné konce jsou skloněny k podélné ose spojky v odpovídajícím úhlu vrcholovému úhlu kuželového osazení. [21]



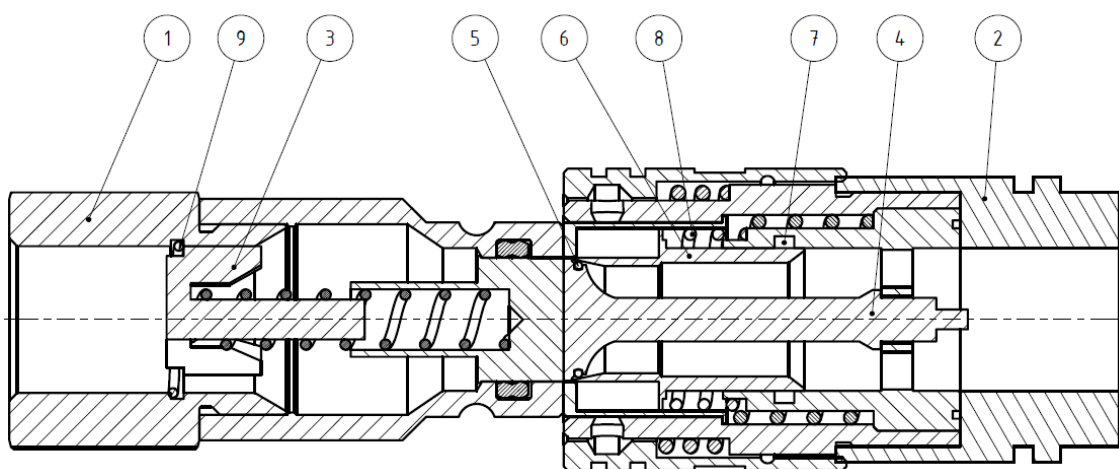
Obrázek 22 - Patent 3 [21]

6.2 Koncepty řešení

V této podkapitole budou představeny tři koncepty, splňující požadavky normy, které byly vytvořeny na základě zohledněných nedostatků demontované rychlospojky FIRG. Koncepty budou znázorněny schématem s vlastním popisem funkce. Výběr vítězného konceptu bude proveden dle metody AHP.

6.2.1 Koncept A

První koncept byl navržen tak, aby bylo možné rychlospojku měnit na různé typy závitů. Toto bylo docíleno použitím modulární struktury na obou koncích rychlospojky (1), (2). Tyto konce bude možné měnit dle potřeby konkrétního závitu. S tímto souvisí i jednodušší montáž vodícího tělíska (3) na straně zástrčky, kde dojde pouze k zasunutí vodícího tělíska do modulární koncovky (1), které se opře o pojistný kroužek (9). Na straně zásuvky je změněn tvar pevného ventilu (4), ve kterém je zjednodušen tvar drážky, do něhož se vkládá těsnicí kroužek (5). Vnitřní tělísko (6) je navrženo tak, aby neobsahovalo těsnění na válcové ploše, kde docházelo k jeho opotřebení v důsledku posouvání tělíska. Těsnění (7) je nyní aplikováno ve vnitřním průměru válcové plochy těla zásuvky. Pružina, která pohybuje s vnitřním tělískem, je nyní opřena o jeho největší průměr a o drážku v těle zásuvky, což vede k eliminaci překážek ve formě závitů pružiny z prostoru proudění kapaliny.



Obrázek 23 - Koncept A

Výhody:

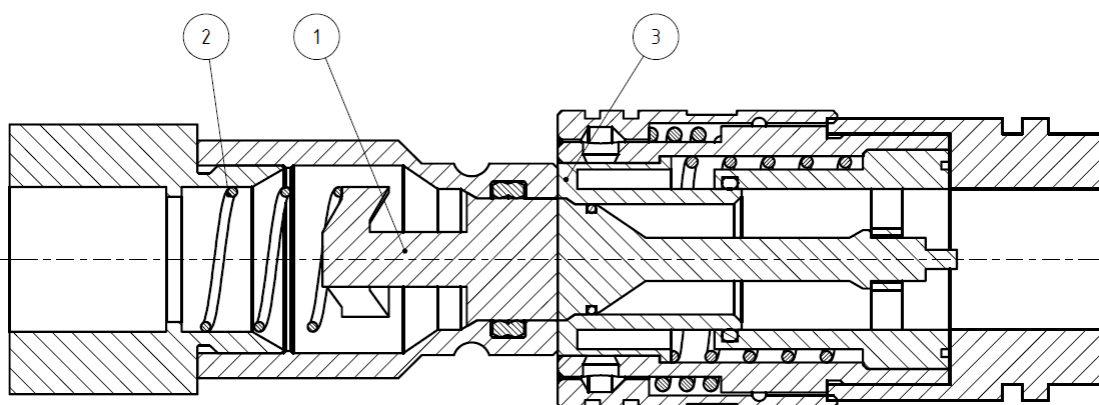
- jednodušší montáž
- snížení opotřebení těsnících kroužků
- modularita
- kontinuální proudění kapaliny

Nevýhody:

- větší počet dílů
- přesné díly

6.2.2 Koncept B

Ve druhém konceptu byly zredukovány díly na co nejmenší počet. Plochý ventil v zástrčce a ventil zasunutý v adaptéru teď tvoří jeden kus (1). Pružina (2), pohybující tímto kusem, je nyní opřena o tvarový výstupek adaptéru. V zásuvce je pouze jediný posuvný člen. Vnitřní tělísko bylo odstraněno a nahrazeno speciální objímkou (3), která bude sama sloužit jako těsnící člen. Toto řešení nám také odstraní použití pružiny pohybující vnitřním tělískem. Problém může nastat při propojení obou částí rychlospojek, jelikož obě čela nejsou zajištěna těsněními a mohlo by docházet k úniku kapaliny. Tento koncept je také opatřen modulární strukturou na obou koncích.



Obrázek 24 - Koncept B

Výhody:

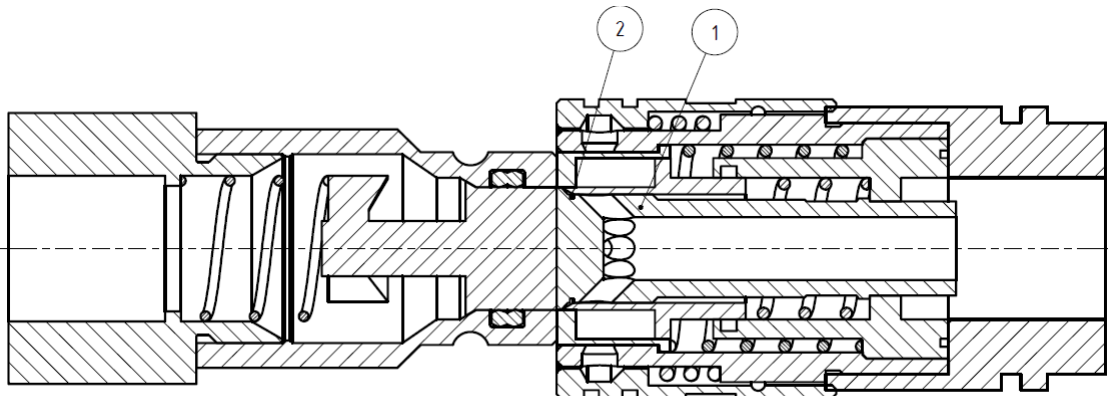
- menší počet dílů
- méně pohyblivých dílů
- jednodušší montáž
- modulární struktura

Nevýhody:

- některé díly jsou náročné na výrobu
- nevhodně těsnění čel při propojení hydraulického obvodu

6.2.3 Koncept C

U třetího konceptu je kompletně předělán plochý ventil (1) na straně zásuvky. Tento ventil je dutý s šikmými otvory na jeho konci. Těmito šikmými otvory bude proudit kapalina při propojení hydraulického okruhu. Díky tomuto ventilu dojde k odebrání jednoho těsnění v zásuvce. Na kuželu ventilu se nachází drážka, ve které je aplikováno těsnění (2). Koncept je opatřen modulární strukturou obou konců.



Obrázek 25 - Koncept C

Výhody:

- dobré utěsnění
- kontinuální proudění kapaliny
- modulární struktura

Nevýhody

- složitá výroba plochého ventilu v zásuvce

6.3 Výběr konceptu

Pro výběr vítězného konceptu byla použita metoda AHP (Analytical Hierarchy Process). Hlavním znakem této metody je pochopení komplexního rozhodovacího kritéria jako hierarchickou strukturu. Hierarchickou strukturu lze chápat jako stromové zobrazení o několika větvích, které představují jednotlivé části v rozhodování. Nejdůležitějším krokem metody AHP je vybrat ta správná kritéria a následně porovnat velikost jejich priorit. [2]

6.3.1 Kritéria konceptů

Zde budou popsána základní kritéria konceptů, které budou následně párově porovnány.

- a) Těsnost
- b) Počet dílů
- c) Jednoduchost výroby dílů
- d) Průtok kapaliny
- e) Jednoduchost montáže

6.3.2 Párové porovnání

Párové porovnání jednotlivých definovaných kritérií určí velikost preference, která se určuje počtem bodů ze zvolené stupnice. Standardně se používají liché číslce od 1 do 9. Pro jemnější rozlišení lze použít i sudá čísla v tomto rozsahu.

Tabulka 2 - Bodové preference

Počet bodů	Významnost
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je o dost významnější než druhé
7	První kritérium je evidentně významnější než druhé
9	První kritérium je úplně významnější než druhé

Tabulka 3 - Matice párového porovnání kritérií

Kritérium	a	b	c	d	e
a	1	5	5	7	5
b	1/5	1	3	1	1/3
c	1/5	1/3	1	1/3	1
d	1/7	1	3	1	1/3
e	1/5	3	1	3	1
Součet	61/35	31/3	13	37/3	23/3

Tabulka 4 - Normalizovaná matice kritérií

Kritérium	a	b	c	d	e	Průměr
a	35/61	15/31	5/13	21/37	15/23	0,53
b	7/61	3/31	3/13	3/37	1/23	0,11
c	7/61	1/31	1/13	1/37	3/23	0,09
d	5/61	3/37	3/13	3/37	1/23	0,10
e	7/61	9/31	1/13	9/37	3/23	0,17
Součet	1	1	1	1	1	1

Tabulka 5 - Matice porovnání konceptů podle kritéria těsnost

Koncept	A	B	C
A	1	7	3
B	1/7	1	1/3
C	1/3	3	1
Součet	31/21	11	13/3

Tabulka 6 - Normalizovaná matice párového porovnání konceptů podle kritéria těsnost

Koncept	A	B	C	Průměr
A	21/31	7/11	9/13	0,668
B	3/13	1/11	1/13	0,133
C	7/31	3/11	3/13	0,243
Součet	1	1	1	1

Tabulka 7 - Matice porovnání konceptů podle kritéria počet dílů

Koncept	A	B	C
A	1	1/3	1
B	3	1	3
C	1	1/3	1
Součet	5	5/3	5

Tabulka 8 - Normalizovaná matice párového porovnání konceptů podle kritéria počet dílů

Koncept	A	B	C	Průměr
A	1/5	1/5	1/5	0,2
B	3/5	3/5	3/5	0,6
C	1/5	1/5	1/5	0,2
Součet	1	1	1	1

Tabulka 9 - Matice porovnání konceptů podle kritéria jednoduchost výroby dílů

Koncept	A	B	C
A	1	3	5
B	1/3	1	3
C	1/5	1/3	1
Součet	23/15	13/3	9

Tabulka 10 - Normalizovaná matice párového porovnání konceptů podle jednoduchosti výroby dílů

Koncept	A	B	C	Průměr
A	15/23	9/13	5/9	0,633
B	5/23	3/13	3/9	0,260
C	3/23	1/13	1/9	0,107
Součet	1	1	1	1

Tabulka 11 - Matice porovnání konceptů podle kritéria průtok kapaliny

Koncept	A	B	C
A	1	1	3
B	1	1	3
C	1/3	1/3	1
Součet	7/3	7/3	7

Tabulka 12 - Normalizovaná matice párového porovnání konceptů podle kritéria průtok kapaliny

Koncept	A	B	C	Průměr
A	3/7	3/7	3/7	0,428
B	3/7	3/7	3/7	0,428
C	1/7	1/7	1/7	0,144
Součet	1	1	1	1

Tabulka 13 - Matice porovnání konceptů podle kritéria jednoduchost montáže

Koncept	A	B	C
A	1	1/3	1
B	3	1	3
C	1	1/3	1
Součet	5	5/3	5

Tabulka 14 - Normalizovaná matice párového porovnání konceptů podle jednoduchosti montáže

Koncept	A	B	C	Průměr
A	1/5	1/5	1/5	0,2
B	3/5	3/5	1/5	0,6
C	1/5	1/5	1/5	0,2
Součet	1	1	1	1

Tabulka 15 - Relativní vektory priorit

Koncept	Relativní vektory podle kritérií				
	a	b	c	e	e
A	0,668	0,2	0,633	0,428	0,2
B	0,133	0,6	0,260	0,428	0,6
C	0,243	0,2	0,107	0,144	0,2

Tabulka 16 – Relativní priorita kritérií

Kritérium	Relativní priorita
a	0,53
b	0,11
c	0,09
d	0,10
e	0,17

Tabulka 15 - Vyhodnocení priorit (konceptů)

Koncept	Priorita	Pořadí
A	0,50	1
B	0,30	2
C	0,20	1

Na základě vyhodnocení priorit dle metody AHP bylo zjištěno pořadí jednotlivých konceptů. Nejlépe se umístil koncept A, který bude dále rozpracován a optimalizován pomocí dalších inovačních metodik.

7 Optimalizace konceptu

V následující kapitole bude detailně prozkoumána zvolená konstrukce rychlospojky, která byla prozatím navržena s ohledem na splnění hlavní funkce „vedení kapaliny“. Dalším krokem bude zhodnocení jednotlivých komponent z hlediska vyrobitelnosti, montáže a dalších parametrů. Pokud se v této fázi konstrukce podaří odchytnout většinu nedostatků, lze ušetřit mnoho nákladových položek v budoucích etapách vývoje.

7.1 DFX metody

K dosažení optimalizace konceptu bude využita skupina metod známá pod názvem Design for X (DFX). Těmito metodami lze dosáhnout specifických požadavků při návrhu a konstruování výrobku. V této fázi vývoje je vhodné, aby se u vybraného konceptu našly kritické prvky, které by mohly nepříznivě ovlivnit výrobu, montáž, demontáž a recyklaci. Odstraněním těchto kritických prvků pozitivně ovlivní počátek výroby produktu a dojde k ušetření problémů a především nákladů. [2]

7.1.1 DFA Lucas

DFA Lucas je numerická metoda určená k zhodnocení dané varianty konstrukčního návrhu pomocí komplexních indexů. Princip metody spočívá v rozdělení součástí dle funkční analýzy do dvou skupin. První skupina představuje součásti, bez kterých by nebyla splněna hlavní funkce výrobku. Ve druhé skupině se nacházejí součásti, které nejsou primárně určeny pro plnění hlavní funkce výrobku, ale jsou potřeba pro kompletaci daného výrobku. Následně dojde k vypočítání indexu efektivnosti konstrukce a poměru pomocných a spojovacích operací. Metoda byla aplikována na zástrčku hydraulické rychlospojky.

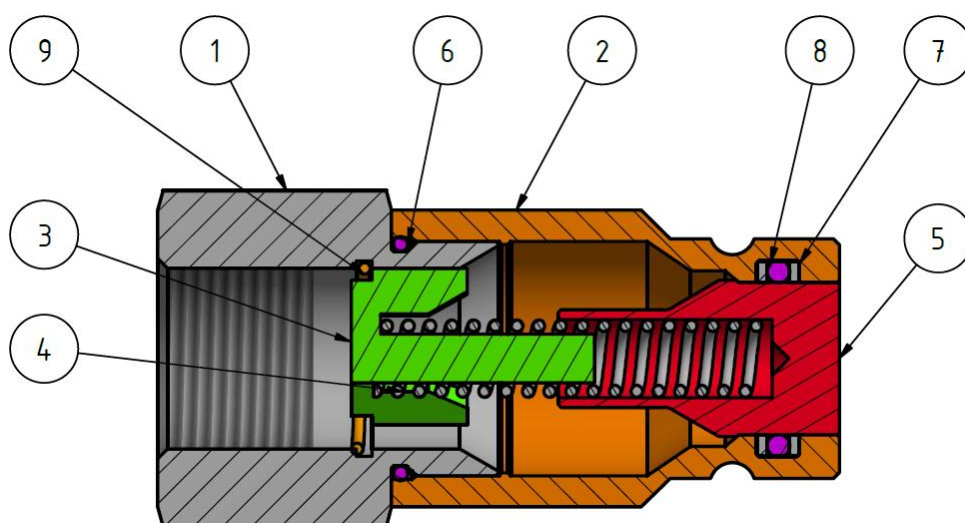
Tabulka 16 - Původní návrh

Název	Pozice	Funkční analýza	Montážní analýza	Analýza manipulace
Tělo zástrčky	1	A	1	1
Vodící těleso	2	A	1,3	2,6
Pohyblivý ventil	3	A	1,3	2,6
Modulární koncovka	4	B	4	5,3
Pružina	5	B	1,3	1,6
Těsnění 15,6x2,3	6	A	4,2	6,5
Opěrný kroužek 2x	7	B	6,9	6,5
Těsnění 22x1,5	8	A	2,7	5
Kroužek dorazu	9	B	6,9	6,5
Celkem	10	5	36,5	44,1

$$Efektivnost\ návrhu\ sestavy = \frac{„A“\ komponenty}{Suma\ komponent} = \frac{5}{10} \cdot 100 = 50\%$$

$$Poměr\ pomocných\ operací = \frac{Suma\ montážních\ operací}{„A“\ komponenty} = \frac{36,5}{5} = 7,3$$

$$Poměr\ spojovacích\ operací = \frac{Suma\ spojovacích\ operací}{„A“\ komponenty} = \frac{44,1}{5} = 8,82$$



Obrázek 26 - Původní návrh zástrčky

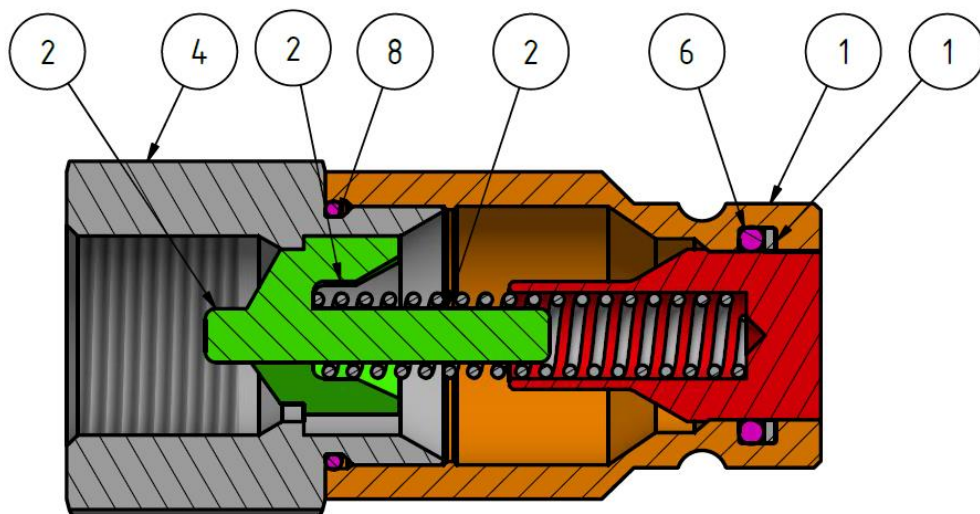
Tabulka 17 - Nový návrh

Název	Pozice	Funkční analýza	Montážní analýza	Montážní analýza
Tělo zástrčky	1	A	1	1
Vodící těleso	2	A	1,3	2,6
Pohyblivý ventil	3	A	1,3	2,6
Modulární koncovka	4	B	4	5,3
Pružina	5	B	1,3	1,6
Těsnění 15,6x2,3	6	A	4,2	6,5
Opěrný kroužek	7	B	6,2	5,8
Těsnění 22x1,5	8	A	2,7	5
Celkem	8	5	22	30,4

$$Efektivnost\ návrhu\ sestavy = \frac{\text{„A“ komponenty}}{\text{Suma komponent}} = \frac{5}{8} \cdot 100 = 62,5\%$$

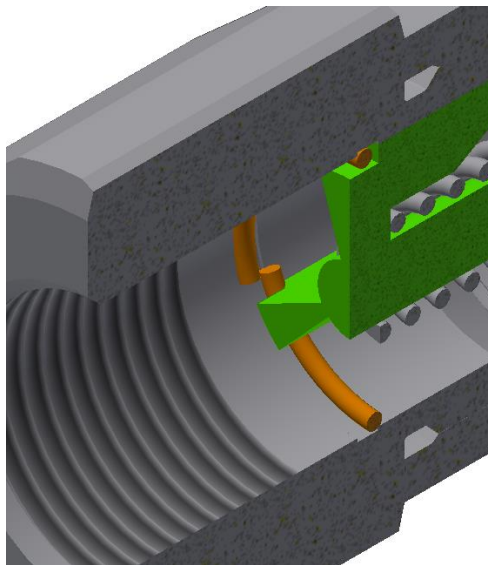
$$Poměr\ pomocných\ operací = \frac{\text{Suma montážních operací}}{\text{„A“ komponenty}} = \frac{22}{5} = 4,4$$

$$Poměr\ spojovacích\ operací = \frac{\text{Suma spojovacích operací}}{\text{„A“ komponenty}} = \frac{30,4}{5} = 6,08$$

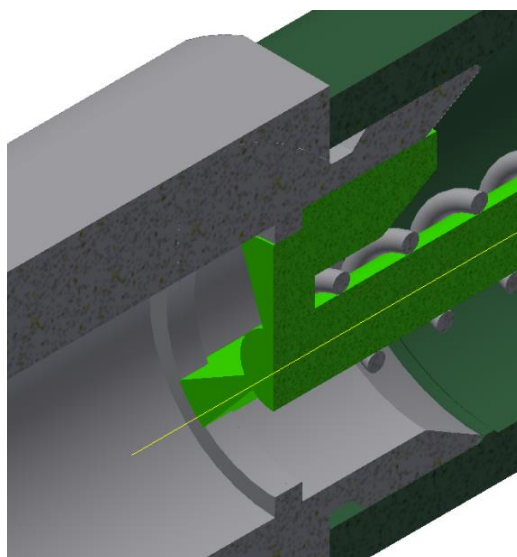


Obrázek 27 - Nový návrh zástrčky

Na základě metody DFA Lucas byla změněna konstrukce modulární koncovky. Na obrázku 28 je původní řešení uchycení vodícího tělesa. Uchycení je provedeno tak, že se těleso vloží do modulární koncovky a následně se vloží kroužek, který zapadne do drážky sloužící jako pojistka proti vypadnutí vodícího tělesa. Toto řešení je složité z hlediska montáže a také demontáže. Pokud by bylo potřeba vodící těleso vyměnit, muset by být kroužek zničen. Na obrázku 29 je řešení, ve kterém byla změněna drážka pro kroužek dorazu za výstupek, o který bude vodící těleso přímo opřeno.



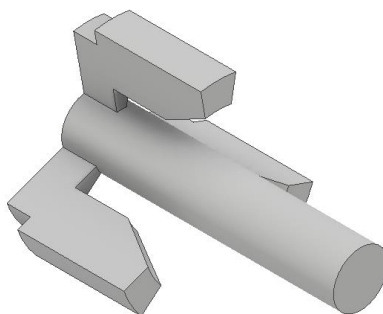
Obrázek 28 - Původní zajištění



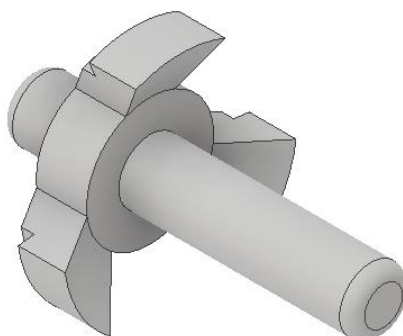
Obrázek 29 - Nové zajištění

7.1.2 DFM – Design for Manufacturing

Metoda DFM uplatňuje základní pravidla pro výrobu komponent danou technologií. Při návrhu jednotlivých součástek se musí myslet i na technologii, kterou bude daná součástka vyrobena. Většina součástek hydraulické rychlospojky bude vyráběna strojním obráběním, a proto musí být kladen důraz na jejich tvar. Na obrázku 30 je prvotní návrh vodícího tělesa, které bylo vymyšleno tak, aby kolem něho mohla plynule proudit kapalina bez většího odporu. Problém nastává z pohledu výroby. Takto navržené řešení by bylo složité vyrobít třískovým obráběním a tak by bylo nutné vyrobít formu a součástku odlít, což by vedlo k zvýšení výrobních nákladů. Proto bylo vymyšleno řešení na obrázku 31, kde bude možné součást uchytit do sklíčidla z obou stran a následně ji obrobit.



Obrázek 30 - Původní řešení



Obrázek 31 - Nové řešení

7.1.3 DFD a DFE – Design for Disassembly a Design for Environment

Metoda DFD se zaměřuje na snadnou demontáž dílů výrobku v průběhu i na konci životního cyklu. Z tohoto důvodu byla zvolena modulární konstrukce koncovek obou částí rychlospojek, aby bylo možné namontovat koncovky podle konkrétního typu

použitého závitů. Většina dílů hydraulické rychlospojky je vyrobena třískovou metodou obrábění. Odpad vyprodukovaný ve formě špon lze snadno recyklovat a následně použít při výrobě nové oceli. Stejně tak po skončení cyklu rychlospojky, lze jednotlivé díly rozebrat, roztřídit a použít při výrobě nových materiálů.

7.2 FMEA – K

FMEA – K (*Failure Mode and Effects analysis*) představuje analytickou metodu, kterou používá inovační tým ke zvážení a řešení různých možností poruch u nově navrhovaného výrobku. Písmeno „K“ znázorňuje použití konstrukční metody. Tato metoda vznikla v šedesátých letech dvacátého století v agentuře NASA, kde se analyzovaly velice složité kosmické systémy programu Apollo. Metoda FMEA – K se nejlépe aplikuje v týmu expertů, kteří dokáží na základě předešlých zkušeností navrhnout opatření k redukci těchto poruch. V případě metody FMEA – K se za poruchu považuje nesplnění požadavku, který je na danou součást kladen ve formě životnosti, rozměru nebo deformace. [2]

Vlastní postup metody FMEA spočívá v zaznamenání jednotlivých údajů do formuláře. Nejprve jsou vyplněny jednotlivé součásti s potenciálním místem vzniku poruchy, u kterých je definován způsob, důsledek a příčina poruchy. Tyto poruchy se hodnotí z hlediska výskytu, závažnosti a detekce. Hodnocení se provádí na základě odhadu v rozmezí 1 až 10.

Výskyt: 1- vada je nepravděpodobná, 10 - vada nastává neustále

Závažnost: 1 - bez důsledku vady, 10 - vada ovlivňuje bezpečnost

Detekce: 1- zaručené odhalení vady, 10 - nelze odhalit možnou vadu

Po číselné klasifikaci dojde k součinu těchto čísel a vypočte se rizikové číslo (RPN). Orientačně se uvádí za rizikovou hodnotu číslo 100. Pokud součin překročí tuto hodnotu, mělo by dojít k navržení nápravného opatření, které vede k redukci rizikového čísla RPN.

Tabulka 18 - FMEA – K

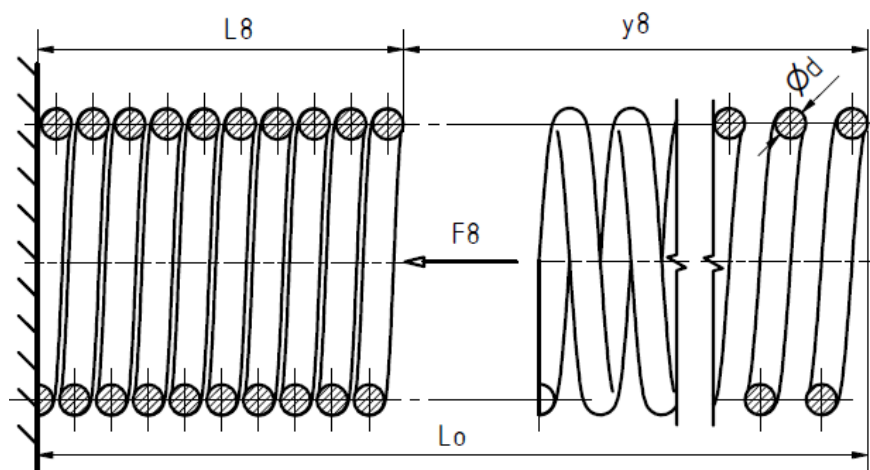
Součást	Místo poruchy	Možný způsob poruchy	Možný důsledek poruchy	Možné příčiny poruchy	Běžné kontroly	Současný stav				Doporučené opatření	Výsledný stav				
						Výskyt	Závažnost	Detekce	RPN		Přijaté opatření	Výskyt	Závažnost	Detekce	RPN
Těleso zástrčky	čelo	hrubý	netěsní	nedodržení pracovního postupu	výstupní kontrola	2	7	3	42						
	válcová plocha	trhlina	destrukce	únavu	výpočet	1	10	5	50						
Kuželový ventil	drážka pro těsnění	hrubý	nelze namontovat těsnění	nedodržení pracovního postupu	výstupní kontrola	2	8	4	64						
Pohyblivý ventil	válcová plocha	drhne	poškození druhé součásti	tolerance	výstupní kontrola	1	3	4	12						
Modulární koncovka zásuvky	závit	deformovaný	nelze našroubovat	nevhodný rozměr	výstupní kontrola	3	5	4	60						
Vodící těleso	výstupky	lom	ulomení	materiálová vada	zkouška prototypu	2	10	3	60						
Pružiny	závit	trhlina	nelze zavřít	pevnost	výpočet	3	9	2	54						
Těsnění	vnitřní průměr	volný	netěsní	nedostatečný rozměr	vizuální kontrola	2	8	3	48						
Objímka	drážka pro kuličkový zámek	zkorodovaný	nepohybuje se	malá vrstva pasivační ochrany	vizuální kontrola	4	10	5	200	korozní test	větší vrstva pasivační ochrany	2	10	3	60
Kuličky	povrch kuliček	hrubý	neuzavření kuličkového zámku	špatné skladování	vizuální kontrola	3	9	6	162	prověřit proces skladování	krabičky po méně kusech kuliček	2	9	5	90
Těleso zásuvky	otvory pro kuličkový zámek	drhne	neuzavření kuličkového zámku	tolerance	výstupní kontrola	3	9	5	135	zkontrolovat toleranci	úprava tolerance	1	9	5	45
Vnitřní těleso	kuželová plocha	volná	únik média	špatný úhel kuželu	výstupní kontrola	2	10	3	60						
Vnitřní objímka	vnější čelo	deformované	usazení nečistot	nevhodné zacházení	vizuální kontrola	1	4	5	20						
Modulární koncovka zástrčky	závit	deformovaný	nelze našroubovat	nevhodný rozměr	výstupní kontrola	3	5	4	60						

8 Výpočtová část

V této kapitole budou provedeny základní výpočty navržených komponent hydraulické rychlospojky. Dále bude provedena pevnostní kontrola těchto komponent, aby byla zaručena bezpečnost funkčních součástí.

8.1 Výpočet pružin

Pružiny použité v hydraulické rychlospojce budou navrženy s ohledem na rozboru rychlospojky FIRG, ze které byly získány základní rozměry jednotlivých pružin. Pro navržené pružiny byl zvolen materiál - ocel 14 260 s dolní mezní hodnotou pevnosti v tahu $R_m = 2060 \text{ MPa}$. Minimální bezpečnost $s = 1,1$.



Obrázek 32 - Válcová pružina tlačná

8.1.1 Pružina 1

Základní parametry pružiny:

Volná délka pružiny $L_0 = 50 \text{ mm}$, délka předpjaté pružiny $L_1 = 25 \text{ mm}$, délka zatížené pružiny $L_8 = 8,5 \text{ mm}$, průměr drátu $\phi d = 1,7 \text{ mm}$, střední průměr pružiny $\phi D = 24,7 \text{ mm}$, počet činných závitů $n = 4$, materiál 14 260, $R_m = 2060 \text{ MPa}$

Tuhost pružiny

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3} = \frac{78\,500 \cdot 1,7^4}{8 \cdot 4 \cdot 24,7^3} = 1,35 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Deformace pružiny

$$y_1 = L_0 - L_1 = 50 - 25 = 25 \text{ mm}$$

Síla předpětí

$$F_1 = k \cdot y_1 = 1,35 \cdot 25 = 33,75 \text{ N}$$

Výška zdvihu

$$h = L_1 - L_8 = 25 - 8,5 = 16,5 \text{ mm}$$

Maximální deformace pružiny

$$y_8 = y_1 + h = 25 + 16,5 = 41,5 \text{ mm}$$

Maximální síla

$$F_8 = k \cdot y_8 = 1,35 \cdot 41,5 = 56 \text{ N}.$$

Pevnostní kontrola pružiny**Poměr vinutí**

$$i = \frac{D}{d} = \frac{24,7}{1,7} = 14,5.$$

Korekční součinitel napětí v krutu

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} = \frac{14,5 + 2}{14,5 - 1} = 1,2$$

Maximální napětí

$$\tau_{K8} = \frac{8 \cdot F_8 \cdot D \cdot K}{\pi \cdot d^3} = \frac{8 \cdot 56 \cdot 24,7 \cdot 1,2}{\pi \cdot 1,7^3} = 860 \text{ MPa}.$$

Dovolené mezní napětí

$$\tau_{Dm} = 0,6 \cdot R_m = 0,6 \cdot 2060 = 1236 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti

$$s = \frac{\tau_{Dm}}{\tau_{K8}} = \frac{1236}{860} = 1,4 \rightarrow \text{pružina vyhovuje}$$

8.1.2 Pružina 2

Základní parametry pružiny:

Volná délka pružiny $L_0 = 38,5$ mm, délka předpjaté pružiny $L_1 = 12,25$ mm, délka zatížené pružiny $L_8 = 6,25$ mm, průměr drátu $\varnothing d = 1,5$ mm, střední průměr pružiny $\varnothing D = 21,5$ mm, počet činných závitů $n = 3$, materiál 14 260, $R_m = 2060$ MPa

Tuhost pružiny

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3} = \frac{78\,500 \cdot 1,5^4}{8 \cdot 3 \cdot 21,5^3} = 1,66 \frac{N}{mm}$$

Deformace pružiny

$$y_1 = L_0 - L_1 = 38,5 - 12,25 = 26,25 \text{ mm}$$

Síla předpětí

$$F_1 = k \cdot y_1 = 1,66 \cdot 26,25 = 43,5 \text{ N}$$

Výška zdvihu

$$h = L_1 - L_8 = 12,25 - 6,25 = 6 \text{ mm}$$

Maximální deformace pružiny

$$y_8 = y_1 + h = 26,25 + 6 = 32,25 \text{ mm}$$

Maximální síla

$$F_8 = k \cdot y_8 = 1,66 \cdot 32,25 = 53,5 \text{ N.}$$

Pevnostní kontrola pružiny

Poměr vinutí

$$i = \frac{D}{d} = \frac{21,5}{1,5} = 14,3.$$

Korekční součinitel napětí v krutu

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} = \frac{14,3 + 2}{14,3 - 1} = 1,22$$

Maximální napětí

$$\tau_{K8} = \frac{8 \cdot F_8 \cdot D \cdot K}{\pi \cdot d^3} = \frac{8 \cdot 53,5 \cdot 21,5 \cdot 1,22}{\pi \cdot 1,5^3} = 1058 \text{ MPa.}$$

Dovolené mezní napětí

$$\tau_{Dm} = 0,6 \cdot R_m = 0,6 \cdot 2060 = 1236 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti

$$s = \frac{\tau_{Dm}}{\tau_{K8}} = \frac{1236}{1058} = 1,17 \rightarrow \text{pružina vyhovuje}$$

8.1.3 Pružina 3

Základní parametry pružiny:

Volná délka pružiny $L_0 = 20,1 \text{ mm}$, délka předpjaté pružiny $L_1 = 7,3 \text{ mm}$, délka zatížené pružiny $L_8 = 13,3 \text{ mm}$, průměr drátu $\varnothing d = 1,8 \text{ mm}$, střední průměr pružiny $\varnothing D = 31,9 \text{ mm}$, počet činných závitů $n = 3$, materiál 14 260, $R_m = 2060 \text{ MPa}$

Tuhost pružiny

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3} = \frac{78\,500 \cdot 1,8^4}{8 \cdot 3 \cdot 31,9^3} = 1,06 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Deformace pružiny

$$y_1 = L_0 - L_1 = 20,1 - 7,3 = 12,8 \text{ mm}$$

Síla předpětí

$$F_1 = k \cdot y_1 = 1,06 \cdot 12,8 = 13,6 \text{ N}$$

Výška zdvihu

$$h = L_1 - L_8 = 7,3 - 13,3 = -6 \text{ mm}$$

Maximální deformace pružiny

$$y_8 = y_1 + h = 12,8 - 6 = 6,8 \text{ mm}$$

Maximální síla

$$F_8 = k \cdot y_8 = 1,06 \cdot 6,8 = 7,2 \text{ N}.$$

Pevnostní kontrola pružiny

Poměr vinutí

$$i = \frac{D}{d} = \frac{31,9}{1,8} = 17,7.$$

Korekční součinitel napětí v krutu

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} = \frac{17,7 + 2}{17,7 - 1} = 1,18$$

Maximální napětí

$$\tau_{k8} = \frac{8 \cdot F_8 \cdot D \cdot K}{\pi \cdot d^3} = \frac{8 \cdot 13,6 \cdot 31,9 \cdot 1,18}{\pi \cdot 1,8^3} = 223 \text{ MPa}.$$

Dovolené mezní napětí

$$\tau_{Dm} = 0,6 \cdot R_m = 0,6 \cdot 2060 = 1236 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti

$$s = \frac{\tau_{Dm}}{\tau_{k8}} = \frac{1236}{223} = 5,5 \rightarrow \text{pružina vyhovuje}$$

8.1.4 Pružina 4

Základní parametry pružiny:

Volná délka pružiny $L_0 = 42,5$ mm, délka předpjaté pružiny $L_1 = 40,2$ mm, délka zatížené pružiny $L_8 = 23,7$ mm, průměr drátu $\varnothing d = 1,2$ mm, střední průměr pružiny $\varnothing D = 6,7$ mm, počet činných závitů $n = 18$, materiál 14 260, $R_m = 2060$ MPa

Tuhost pružiny

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3} = \frac{78\,500 \cdot 1,2^4}{8 \cdot 18 \cdot 6,7^3} = 3,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Deformace pružiny

$$y_1 = L_0 - L_1 = 42,5 - 40,2 = 2,3 \text{ mm}$$

Síla předpětí

$$F_1 = k \cdot y_1 = 3,75 \cdot 2,3 = 8,6 \text{ N}$$

Výška zdvihu

$$h = L_1 - L_8 = 25 - 8,5 = 16,5 \text{ mm}$$

Maximální deformace pružiny

$$y_8 = y_1 + h = 2,3 + 16,5 = 18,8 \text{ mm}$$

Maximální síla

$$F_8 = k \cdot y_8 = 3,75 \cdot 18,8 = 70,5 \text{ N}.$$

Pevnostní kontrola pružiny**Poměr vinutí**

$$i = \frac{D}{d} = \frac{6,7}{1,2} = 5,58.$$

Korekční součinitel napětí v krutu

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} = \frac{5,58 + 2}{5,58 - 1} = 1,65$$

Maximální napětí

$$\tau_{K8} = \frac{8 \cdot F_8 \cdot D \cdot K}{\pi \cdot d^3} = \frac{8 \cdot 70,5 \cdot 6,7 \cdot 1,65}{\pi \cdot 1,2^3} = 1112 \text{ MPa}.$$

Dovolené mezní napětí

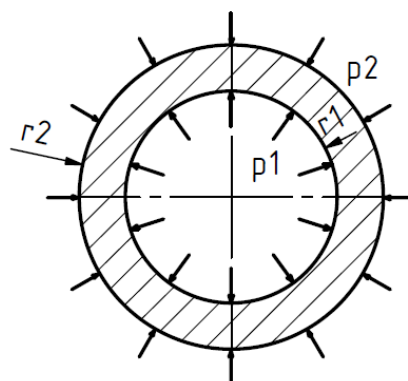
$$\tau_{Dm} = 0,6 \cdot R_m = 0,6 \cdot 2060 = 1236 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti

$$s = \frac{\tau_{Dm}}{\tau_{K8}} = \frac{1236}{1112} = 1,11 \rightarrow \text{pružina vyhovuje}$$

8.2 Pevnostní kontrola válcových částí dílů rychlospojky

Díly, kterými proudí hydraulická kapaliny, jsou namáhány vnitřním pracovním tlakem $p = 25 \text{ MPa}$. Tyto díly je nutno zkontrolovat podle teorie výpočtu tlustostěnných nádob. Jelikož jsou nádoby otevřené (tzn., nemají dno), působí zde pouze radiální a tečné napětí. Osově napětí je nulové. Bezpečnost vztažená k maximálnímu pracovnímu tlaku je počítána k mezi kluzu a je dána hodnotou $k = 1,5$. Atmosferický tlak působící na vnější plášť těchto dílů lze z důvodu nízké hodnoty zanedbat. Tyto díly jsou vyrobeny z automatové oceli.



Obrázek 33 - Působení tlaku

8.2.1 Pevnostní kontrola zásuvky

Vnitřní poloměr $r_1 = 9 \text{ mm}$, vnější poloměr $r_2 = 11,5 \text{ mm}$

Výpočet konstanty A

$$A = \frac{p \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = \frac{25 \cdot 9^2}{11,5^2 - 9^2} = 39,5$$

Výpočet konstanty B

$$B = p \cdot \frac{r_2^2 \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = 25 \cdot \frac{11,5^2 \cdot 9^2}{11,5^2 - 9^2} = 5\,225$$

Výpočet radiálního napětí na vnitřním poloměru

$$\sigma_{r(r_1)} = A - \frac{B}{r_1^2} = 39,5 - \frac{5\,225}{9^2} = -25 \text{ MPa}$$

Výpočet radiálního napětí na vnějším poloměru

$$\sigma_{r(r_2)} = A - \frac{B}{r_2^2} = 39,5 - \frac{5\,225}{11,5^2} = 0 \text{ MPa}$$

Výpočet tečného napětí na vnitřním poloměru

$$\sigma_{t(r_1)} = 2 \cdot A + p = 2 \cdot 39,5 + 25 = 104 \text{ MPa}$$

Výpočet tečného napětí na vnějším poloměru

$$\sigma_{t(r_2)} = 2 \cdot A + 0 = 2 \cdot 39,5 + 0 = 79 \text{ MPa}$$

Výpočet redukovaného napětí dle HMM

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_t^2 - (\sigma_r \cdot \sigma_t)}$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{25^2 + 104^2 - (-25) \cdot 104} = 118 \text{ MPa}$$

Výpočet bezpečnosti

$$k = \frac{R_e}{\sigma_{RED}} = \frac{280}{118} = 2,4$$

8.2.2 Pevnostní kontrola zástrčky

Vnitřní poloměr $r_1 = 12 \text{ mm}$, vnější poloměr $r_2 = 15,2 \text{ mm}$

Výpočet konstanty A

$$A = \frac{p \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = \frac{25 \cdot 12^2}{15,2^2 - 12^2} = 41,3$$

Výpočet konstanty B

$$B = p \cdot \frac{r_2^2 \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = 25 \cdot \frac{15,2^2 \cdot 12^2}{15,2^2 - 12^2} = 9\,555$$

Výpočet radiálního napětí na vnitřním poloměru

$$\sigma_{r(r1)} = A - \frac{B}{r_1^2} = 41,3 - \frac{9\,555}{12^2} = -25 \text{ MPa}$$

Výpočet radiálního napětí na vnějším poloměru

$$\sigma_{r(r2)} = A - \frac{B}{r_2^2} = 41,3 - \frac{9\,555}{15,2^2} = 0 \text{ MPa}$$

Výpočet tečného napětí na vnitřním poloměru

$$\sigma_{t(r1)} = 2 \cdot A + p = 2 \cdot 41,3 + 25 = 107,7 \text{ MPa}$$

Výpočet tečného napětí na vnějším poloměru

$$\sigma_{t(r2)} = 2 \cdot A + 0 = 2 \cdot 41,3 + 0 = 82,6 \text{ MPa}$$

Výpočet redukovaného napětí dle HMM

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_t^2 - (\sigma_r \cdot \sigma_t)}$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{25^2 + 107,7^2 - (-25) \cdot 107,7} = 122 \text{ MPa}$$

Výpočet bezpečnosti

$$k = \frac{R_e}{\sigma_{RED}} = \frac{280}{122} = 2,3$$

8.2.3 Pevnostní kontrola místa s nejmenší tloušťkou stěny

Vnitřní poloměr $r_1 = 7,15 \text{ mm}$, vnější poloměr $r_2 = 9 \text{ mm}$

Výpočet konstanty A

$$A = \frac{p \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = \frac{25 \cdot 7,15^2}{9^2 - 7,15^2} = 42,77$$

Výpočet konstanty B

$$B = p \cdot \frac{r_2^2 \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = 25 \cdot \frac{9^2 \cdot 7,15^2}{9^2 - 7,15^2} = 3\,464,9$$

Výpočet radiálního napětí na vnitřním poloměru

$$\sigma_{r(r_1)} = A - \frac{B}{r_1^2} = 42,77 - \frac{3\,464,9}{7,15^2} = -25 \text{ MPa}$$

Výpočet radiálního napětí na vnějším poloměru

$$\sigma_{r(r_2)} = A - \frac{B}{r_2^2} = 42,77 - \frac{3\,464,9}{9^2} = 0 \text{ MPa}$$

Výpočet tečného napětí na vnitřním poloměru

$$\sigma_{t(r_1)} = 2 \cdot A + p = 2 \cdot 42,77 + 25 = 110,5 \text{ MPa}$$

Výpočet tečného napětí na vnějším poloměru

$$\sigma_{t(r_2)} = 2 \cdot A + 0 = 2 \cdot 42,77 + 0 = 85,5 \text{ MPa}$$

Výpočet redukovaného napětí dle HMM

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_t^2 - (\sigma_r \cdot \sigma_t)}$$

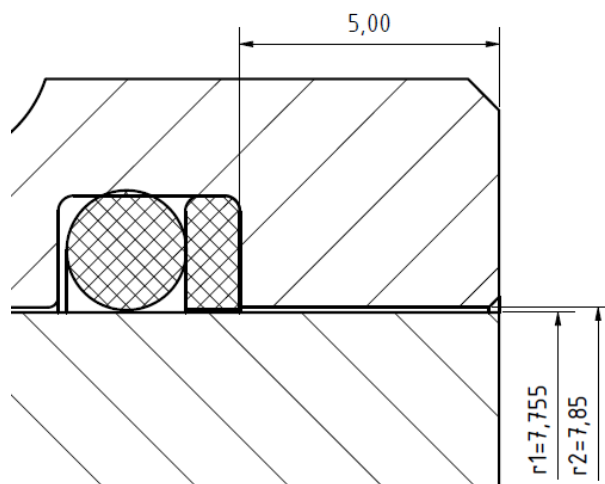
$$\sigma_{RED} = \sqrt{25^2 + 110,5^2 - ((-25) \cdot 110,5)} = 125 \text{ MPa}$$

Výpočet bezpečnosti

$$k = \frac{R_e}{\sigma_{RED}} = \frac{280}{125} = 2,24$$

8.3 Výpočet velikosti úkapu

Při návrhu bezúkapové rychlospojky je nutno zajistit, aby při rozpojení nedošlo k úniku kapaliny. V předchozích kapitolách bylo napsáno, že tento únik zajišťuje vhodný výběr těsnění. I přesto však norma uvádí hodnotu maximální velikosti úkapu 0,07 ml při rozpojení. Tento nepatrný únik oleje může být způsoben vniknutím oleje do válcové mezery mezi tělesem zástrčky a pohyblivým ventilem. Množství uniklé kapaliny se testuje dle normy ISO 18869. V tomto výpočtu bude spočítán teoretický objem, který by mohl po rozpojení uniknout.



Obrázek 34 - Válcová mezera

Objem kapaliny v mezeře bude vypočítán pomocí vzorce pro objem válce $V = \pi \cdot r^2 \cdot v$.

Objem menšího válce

$$V_1 = \pi \cdot r_1^2 \cdot v = \pi \cdot 7,755^2 \cdot 5 = 945 \text{ mm}^3$$

Objem většího válce

$$V_2 = \pi \cdot r_2^2 \cdot v = \pi \cdot 7,85^2 \cdot 5 = 968 \text{ mm}^3$$

Rozdílem válců získáme objem kapaliny v mezeře

$$V = V_2 - V_1 = 968 - 945 = 23 \text{ mm}^3 \rightarrow 0,023 \text{ ml}$$

8.4 Výpočet průtoků

Průtoky jednotlivými částmi hydraulické rychlospojky budou spočítány pomocí rovnice kontinuity pro nestlačitelnou kapalinu, kde se uvažuje konstantní hustota. Je znám jmenovitý průtok 45 l/min a jednotlivé průřezy budou vypočítány. Pro testování hydraulických rychlospojek se používá hydraulický olej ISO VG 32. [6]

Rovnice kontinuity

Nejdříve bude převedena hodnota průtoku na základní jednotku:

$$45 \text{ l/min} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = v \cdot S$$

Úsek 1

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,0185^2}{4} = 2,68 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v_1 = \frac{Q}{S_1} = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{2,68 \cdot 10^{-4}} = 2,79 \text{ m/s}$$

Úsek 2

$$S_2 = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^1)}{4} = \frac{\pi \cdot (0,024^2 - 0,0156^2)}{4} = 2,61 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v_2 = \frac{Q}{S_2} = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{2,61 \cdot 10^{-4}} = 2,87 \text{ m/s}$$

Úsek 3

$$S_3 = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^1)}{4} = \frac{\pi \cdot (0,018^2 - 0,0156^2)}{4} = 6,28 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$v_3 = \frac{Q}{S_3} = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{6,28 \cdot 10^{-5}} = 11,94 \text{ m/s}$$

Úsek 4

$$S_4 = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^1)}{4} = \frac{\pi \cdot (0,0143^2 - 0,0055^2)}{4} = 1,37 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

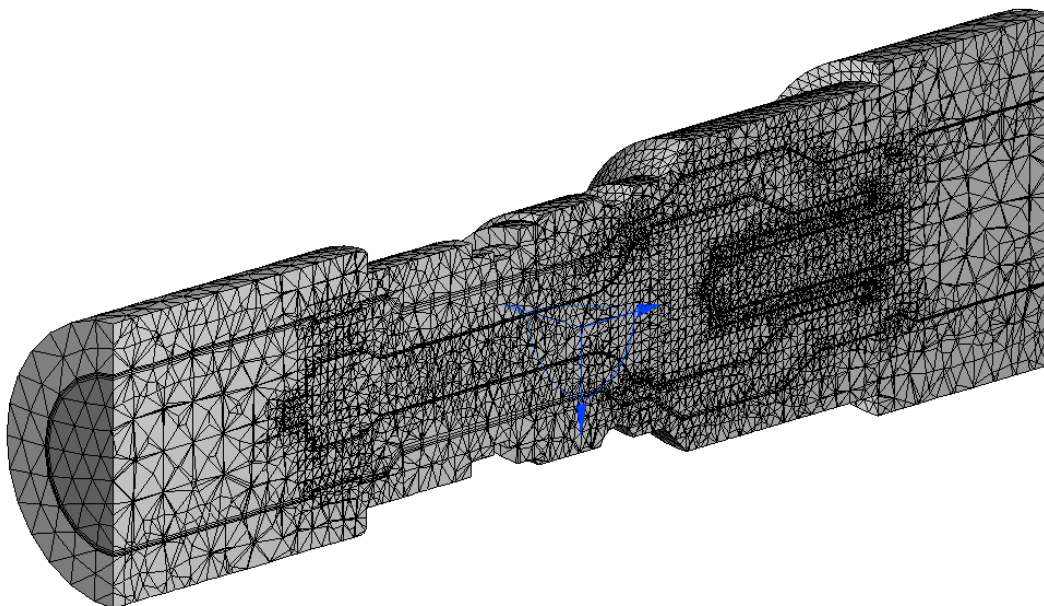
$$v_4 = \frac{Q}{S_4} = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{1,37 \cdot 10^{-4}} = 5,47 \text{ m/s}$$

8.5 Analýza rychlosti proudění metodou konečných prvků

Analýza rychlostí průtoků byla také provedena pomocí metody konečných prvků v programu Autodesk CFD 2019. Celkový model byl zjednodušen pro rychlejší výpočet. Na začátku byly přiřazeny jednotlivé materiály součástí, včetně samotného proudícího oleje ISO VG 32. Poté byl model vysítován automatickou sítí. Aby mohl být určen druh proudění, musí se nejdříve vypočítat Reynoldsovo číslo.

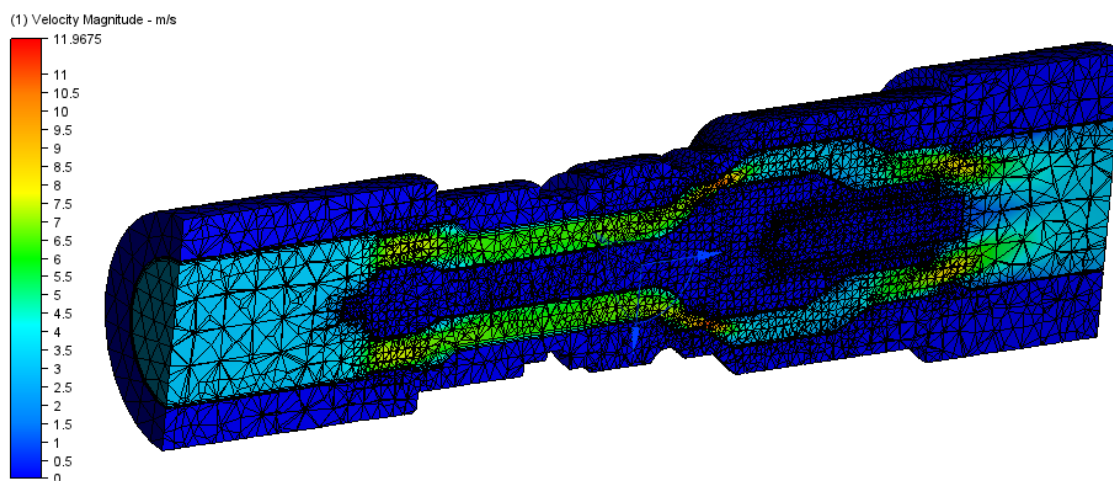
$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{11,94 \cdot 0,018}{32 \cdot 10^{-5}} = 671[-]$$

Při proudění kapaliny kruhovým průřezem značí hodnota $Re < 2300$ laminární proudění.



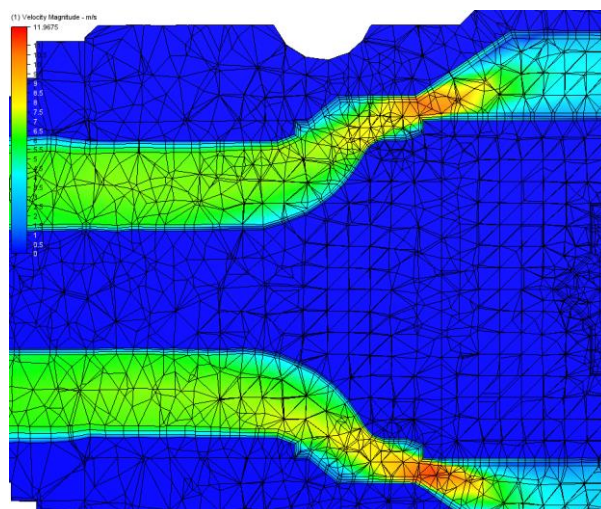
Obrázek 35 - Vysíťovaný model sestavy rychlospojky

Následně byly určeny okrajové podmínky. Na vtoku se definoval objemový průtok 45 l/min a na výtoku atmosférický tlak. Ve výpočtáři byla kapalina nastavena jako nestlačitelná a druh proudění laminární.



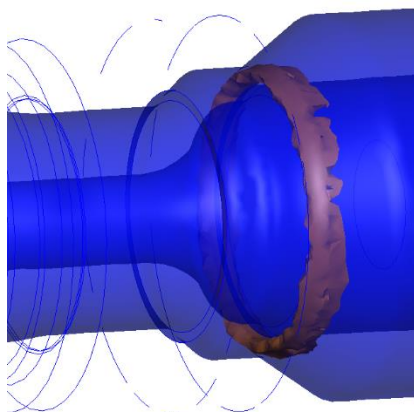
Obrázek 36 - Rychlosti proudění

Po provedení simulace byly zjištěny hodnoty rychlostí uvnitř propojené hydraulické rychlospojky. Je patrné, že se rychlost proudění kapaliny zvětšuje se zmenšujícím se průřezem



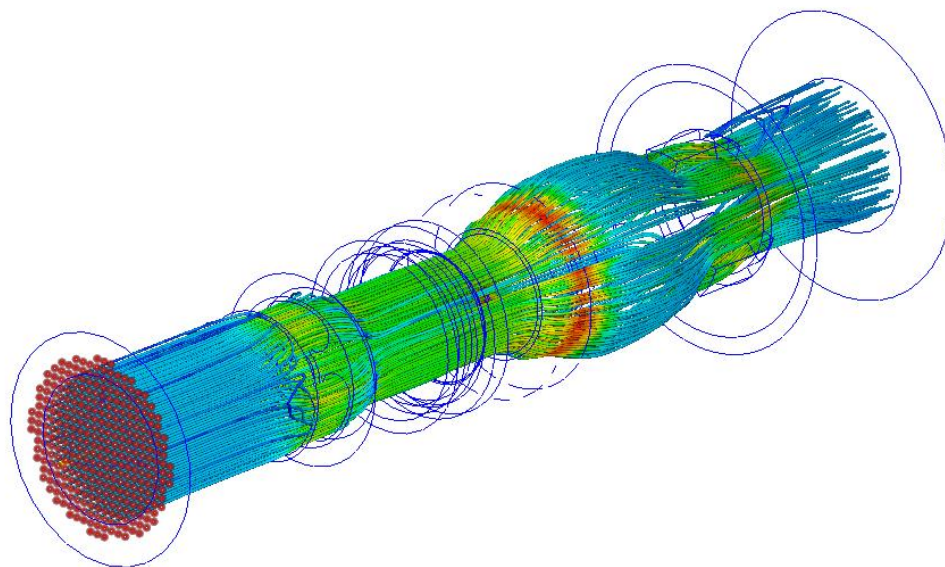
Obrázek 37 - Detail maximální rychlosti průtoku

Z obrázku je patrné, že největší rychlost kapaliny se nachází v nejmenším průřezu rychlospojky a to mezi kuželovým ventilem a válcovou stěnou zástrčky. Tato rychlost je 11,96 m/s, což je téměř stejná hodnota jako při analytickém výpočtu pomocí rovnice kontinuity.



Obrázek 38 - Objem s maximální rychlosti

Na obrázku je znázorněn objem proudící kapaliny, který byl nastaven od maximální rychlosti proudící kapaliny 11,96 m/s po rychlost 10,57 m/s.

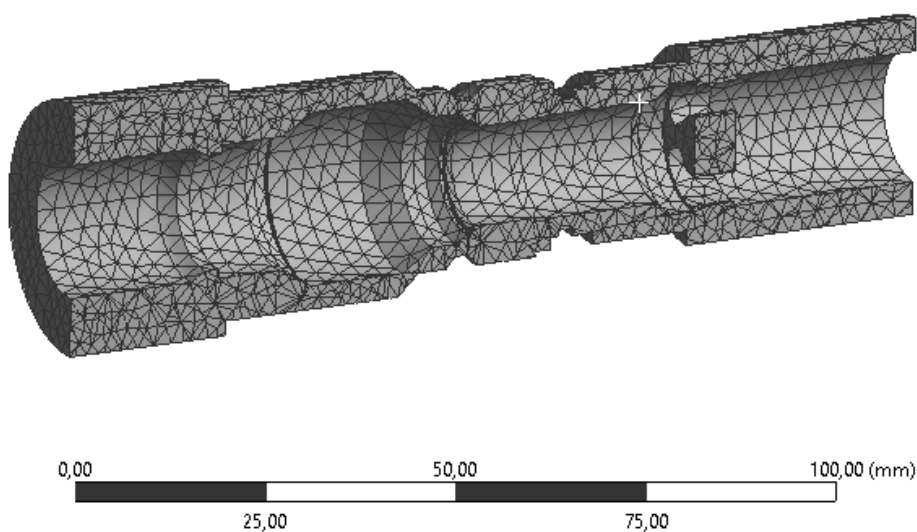


Obrázek 39 - Rychlostní profily zobrazeny pomocí vlásečnic

Pro lepší zobrazení rychlostních profilů byly vytvořeny kruhové vlásečnice, díky kterým lze podrobně vidět chování proudícího média při průchodu jednotlivými částmi propojené hydraulické rychlospojky.

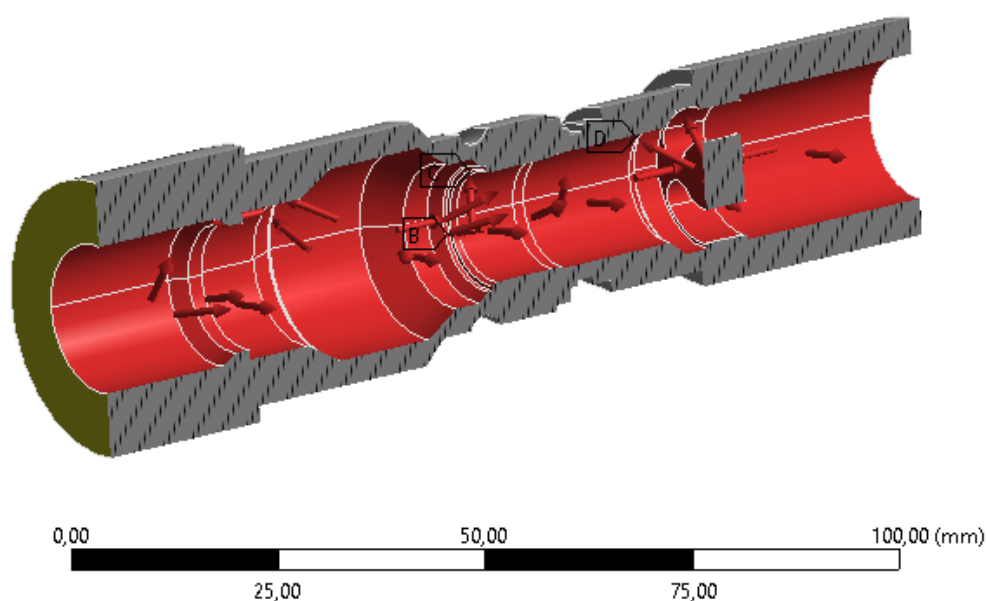
8.6 Pevnostní analýza metodou konečných prvků

Pevnostní kontrola byla provedena v programu ANSYS 2020. Zjednodušený model, vytvořený v programu Autodesk Inventor 2019, byl importován pomocí formátu „step“ do ANSYS. Následně byl model vysítován automatickou sítí o velikosti elementu 3 mm.



Obrázek 40 - Vysítovaný model

Pevnostní kontrola byla provedena pro zatížení vnitřních válcových částí hydraulické rychlospojky pracovním tlakem 25 MPa. Tělesa namontovaná uvnitř rychlospojky, která jsou namáhána stejným, ale naopak vnějším tlakem byla vynechána z důvodu zjednodušení výpočtu. Dalším důvodem je skutečnost, že radiální i tečné napětí vyvolané vnějším přetlakem na součást se rovná samotnému působícímu přetlaku. Konce modelu byly pevně zavazbeny v místech s připojeným šroubením. Vazby byly aplikovány na oba konce modelu, kde byl znemožněn posuv v osovém směru a rotace kolem hlavní osy modelu.



Obrázek 41 - Okrajové podmínky

Při analytickém výpočtu redukovaného napětí byla použita metoda HMM a díky tomu lze porovnat výsledek s metodou konečných prvků.

A: Static Structural

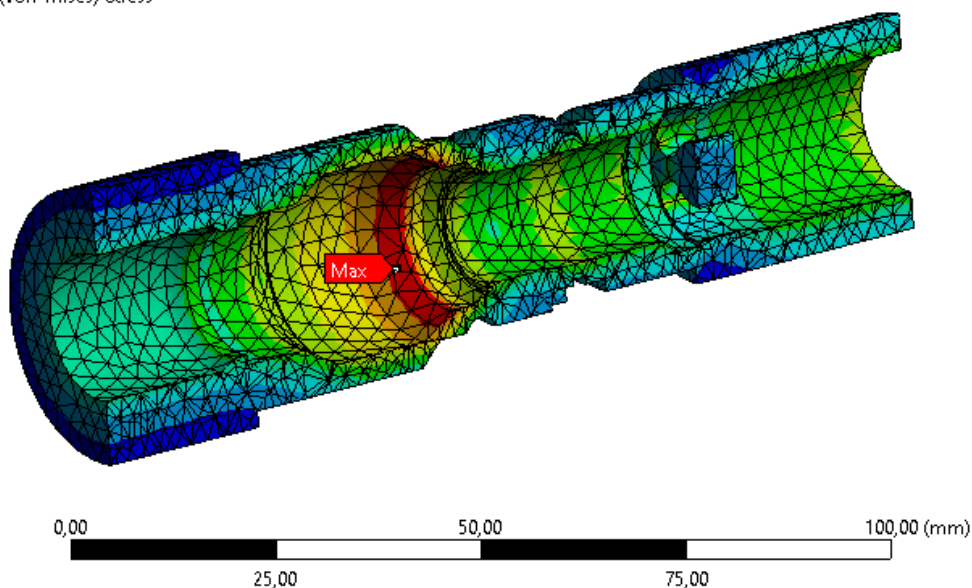
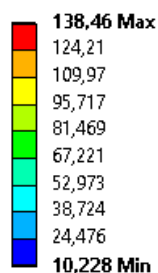
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

01.06.2020 11:40



Obrázek 42 - Napětí von Mises

Z obrázku je patrné, že maximální koncentrace napětí leží na kuželové ploše, kde je přítomna i nejmenší tloušťka stěny. Výsledky v místech analytického výpočtu se liší, protože obecná teorie tlustostěnných nádob platí pouze pro idealizovaný stav těchto nádob s nekonečně dlouhým pláštěm. Tato teorie přestává platit v přechodových oblastech, kde v důsledku změny geometrie (vrubů) dochází k nehomogenitě a ke kumulaci napětí, což je přesný případ konstrukce hydraulické rychlospojky.

9 Hodnotová analýza

Hodnotová analýza je metoda, která má za úkol najít a eliminovat příčiny nízké hodnoty výrobku. V prvé řadě dochází k dekompozici výrobku na jednotlivé komponenty, kterým je definována funkce. Následně se určí náklady, za kterých se jednotlivé funkce plní. Výstupem této metody je procentuální rozložení nákladů na plnění funkcí.

9.1 Nákladový list

Nákladový list je dokument obsahující náklady na nákup, materiál a výrobu jednotlivých komponentů výrobku.

Tabulka 19 - Nákladový list

ITEM	Položka		Nákupka	Materiál	Práce	Variabilní	CELKEM
Artikl	NÁZEV	Ks	Kč	Kč	Kč	Kč	Kč
1	Kuželový ventil	1		2,17	7,4	0,8	10,37
2	Zadní těleso zásuvky	1		4,39	10,4	2	16,79
3	Vodící těleso	1		1,9	8	1,1	11
4	Vnitřní těleso	1		4,29	8,6	1,1	13,99
5	Vnitřní přesuvka	1		2,26	7,2	1,1	10,56
6	Těleso zástrčky	1		8,68	9,2	1,1	18,98
7	Těleso zásuvky	1		11,63	9,8	1,1	22,53
8	Modulární koncovka zásuvky	1		9,21	9,2	2,5	20,91
9	Modulární koncovka zástrčky	1		7,28	8	2,2	17,48
10	Pohyblivý ventil	1		1,39	6,2	1,5	9,09
11	Objímka	1		10,85	9,2	2,2	22,25
12	Pružina 1	1	12				12
13	Pružina 2	1	10				10
14	Pružina 3	1	20				20
15	Pružina 4	1	15				15
16	Opěrný kroužek 1	1	2				2
17	Opěrný kroužek 2	1	2				2
18	Těsnění 23x1,5	1	3				3
19	Těsnění 22x1,5	1	1,8				1,8
20	Těsnění 32x1,5	1	5				5
21	Těsnění 14x1,5	1	1,5				1,5
22	Těsnění 21x1,5	1	2				2
23	Těsnění 15,6x1,5	1	1,5				1,5
24	Kulička velká	12	0,2				2,4
25	Kulička malá	1	0,2				0,2
CELKEM							252,35

9.2 Definování funkcí

Po vytvoření nákladového listu dojde k definování funkcí u jednotlivých komponentů. Základní funkce je taková funkce, která určuje existenci produktu. Jelikož se jedná o hydraulickou bezúkapovou rychlospojku, jako hlavní funkce bylo definováno vedení oleje a těsnost. Sekundární funkce potřebné jsou funkce, které jsou nutné pro plnění základních funkcí

Tabulka 20 - Definování funkcí

Komponenta	Funkce	Základní funkce	Sekundární funkce		
			Potřebná	Estetická	Škodlivá
Kuželový ventil	Drží pohyblivý ventil		X		
Zadní těleso zásuvky	Vede olej	X			
Vodící těleso	Drží pohyblivý ventil		X		
Vnitřní těleso	Těsní	X			
Vnitřní přesuvka	Pohybuje pružinou		X		
Těleso zástrčky	Vede olej	X			
Těleso zásuvky	Drží kuličkový zámek		X		
Modulární koncovka zásuvky	Vede olej	X			
Modulární koncovka zástrčky	Vede olej	X	X		
Pohyblivý ventil	Pohybuje pružinou		X		
Objímka	Uzavírá komplet		X		
Pružina 1	Pohybuje vnitřní objímkou		X		
Pružina 2	Pohybuje tělesem		X		
Pružina 3	Pohybuje objímkou		X		
Pružina 4	Pohybuje ventilem		X		
Opěrný kroužek 1	Těsní	X			
Opěrný kroužek 2	Těsní	X			
Těsnění 23x1,5	Těsní	X			
Těsnění 22x1,5	Těsní	X			
Těsnění 32x1,5	Těsní	X			
Těsnění 14x1,5	Těsní	X			
Těsnění 21x1,5	Těsní	X			
Těsnění 15,6x1,5	Těsní	X			
Kulička velká	Uzavírá zámek		X		
Kulička malá	Pojišťuje objímku		X		

9.3 Nákladová funkční matice

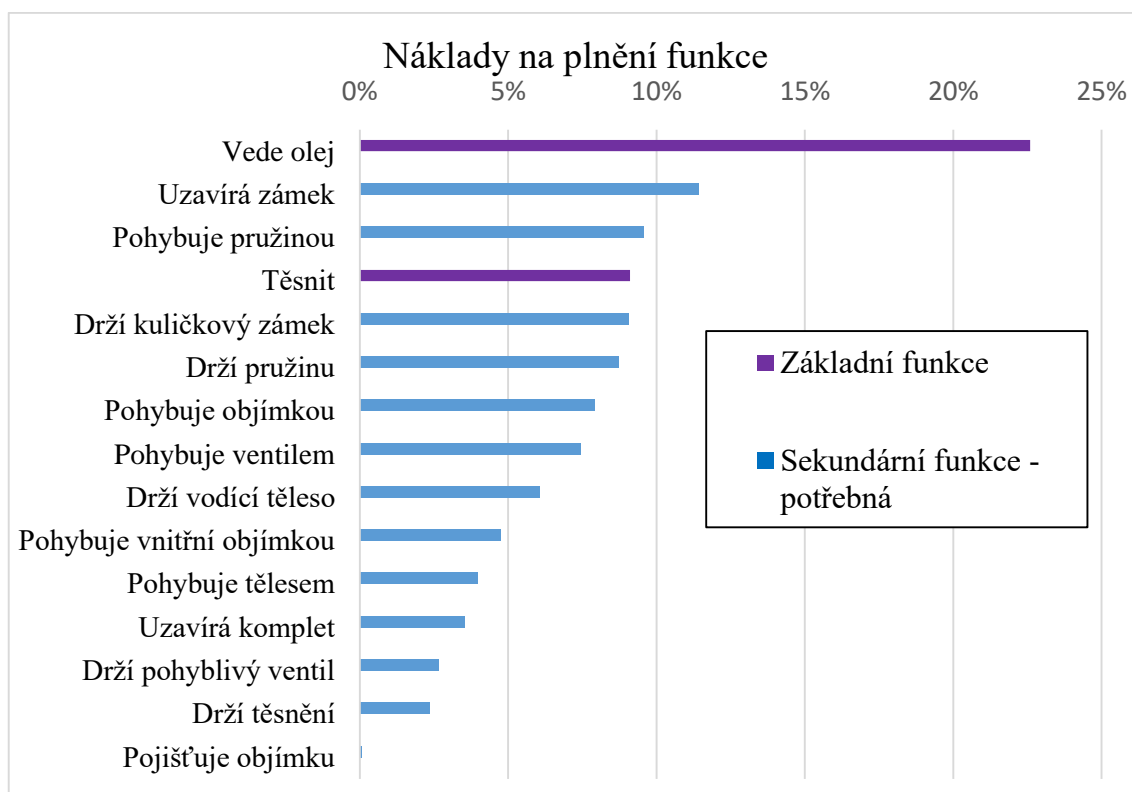
Nákladová funkční matice slouží k procentuálnímu vyjádření plnění funkcí jednotlivými komponenty. Výstupem této matice jsou procentuální vyjádření plněných funkcí daných komponent.

Tabulka 21 - Nákladově funkční matice

č.	Díl / operace	ks	Přímé náklady	FUNKCE (aktivní sloveso - podstatné jméno)														
				Těsnit	Vede olej	Pohybuje ventilem	Pohybuje objímkou	Pohybuje tělesem	Drží pohyblivý ventil	Pohybuje pružinou	Drží kuličkový zámek	Uzavírá komplet	Uzavírá zámek	Pojistuje objímkou	Pohybuje vnitřní objímkou	Drží vodící těleso	Drží těsnění	Drží pružinu
1	Kuličkový ventil	1	10,37			80											20	
2	Zadní těleso zásuvky	1	16,79		90												10	
3	Vodící těleso	1	11						20									80
4	Vnitřní těleso	1	13,99	30	40													30
5	Vnitřní přesuvka	1	10,56							100								
6	Těleso zástrčky	1	18,98		70						30							
7	Těleso zásuvky	1	22,53								60							40
8	Modulární koncovka zásuvky	1	20,91		60											40		
9	Modulární koncovka zástrčky	1	17,48		60											40		
10	Pohyblivý ventil	1	9,09							100								
11	Objímka	1	22,25							20	30	40					10	
12	Pružina 1,7x26,4x50x4	1	12												100			
13	Pružina 1,5x23x38,5x3	1	10					100										
14	Pružina 1,8x33,7x20,1x3	1	20				100											
15	Pružina 1,2x7,9x42,5x18	1	15			70			30									
16	Opěrný kroužek 1	1	2	100														
17	Opěrný kroužek 2	1	2	100														
18	Těsnění 23x1,5	1	3	100														
19	Těsnění 22x1,5	1	1,8	100														
20	Těsnění 32x1,5	1	5	100														
21	Těsnění 14x1,5	1	1,5	100														
22	Těsnění 21x1,5	1	2	100														
23	Těsnění 15,6x1,5	1	1,5	100														
24	Kulička velká	12	2,4										100					
25	Kulička malá	1	0,2											100				
CELKEM			CN	23	57	19	20	10	6,7	24	23	8,9	28,8	0,2	12	15,4	5,98	22
			100%	9,11	22,6	7,4	7,9	3,96	2,65	9,6	9,1	3,5	11,4	0,1	4,8	6,08	2,36	8,7

9.4 Diagram funkce – náklady

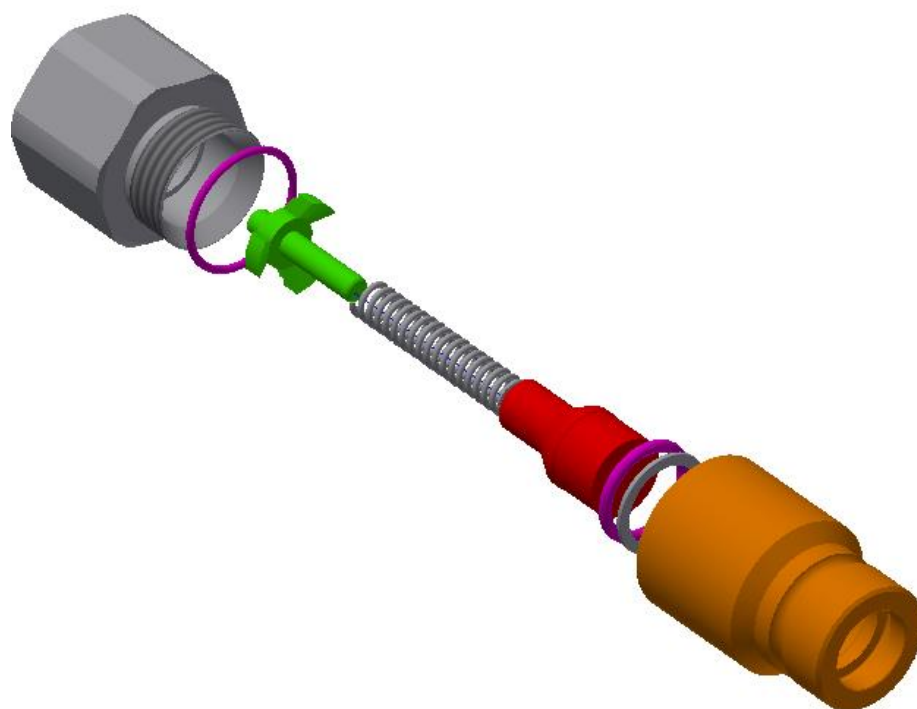
Na základě výstupních hodnot z předchozí tabulky byl definován diagram funkce – náklady, ve kterém je znázorněno rozložení nákladů na plnění jednotlivých funkcí. Základní funkci plní přes 30% nákladů. Pro plnění sekundárních potřebných funkcí je využito 70% nákladů.



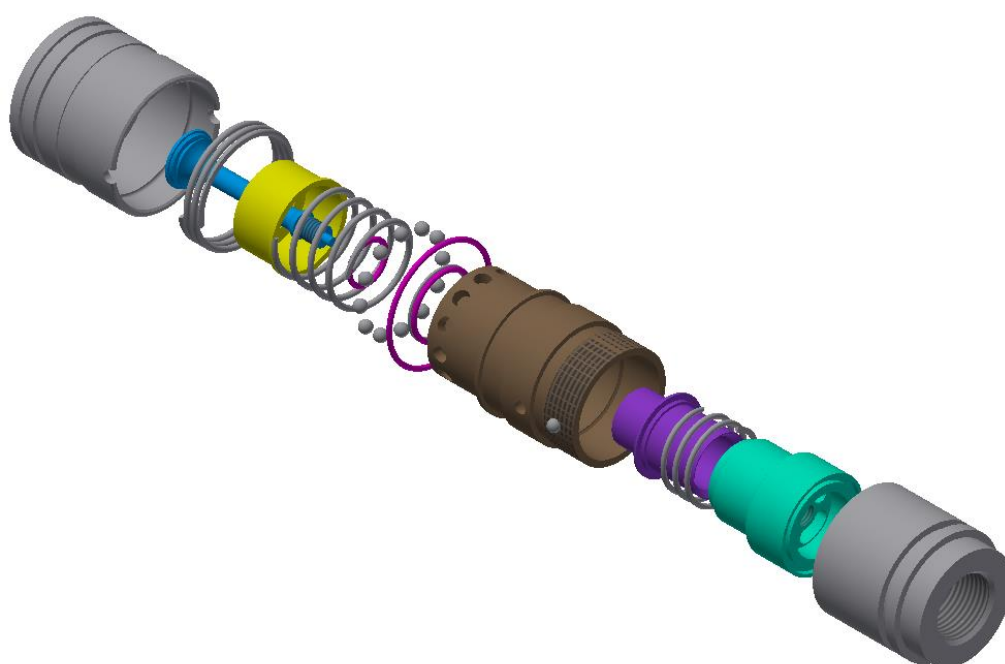
Obrázek 43 - Náklady na plnění funkcí

10 Finální konstrukce

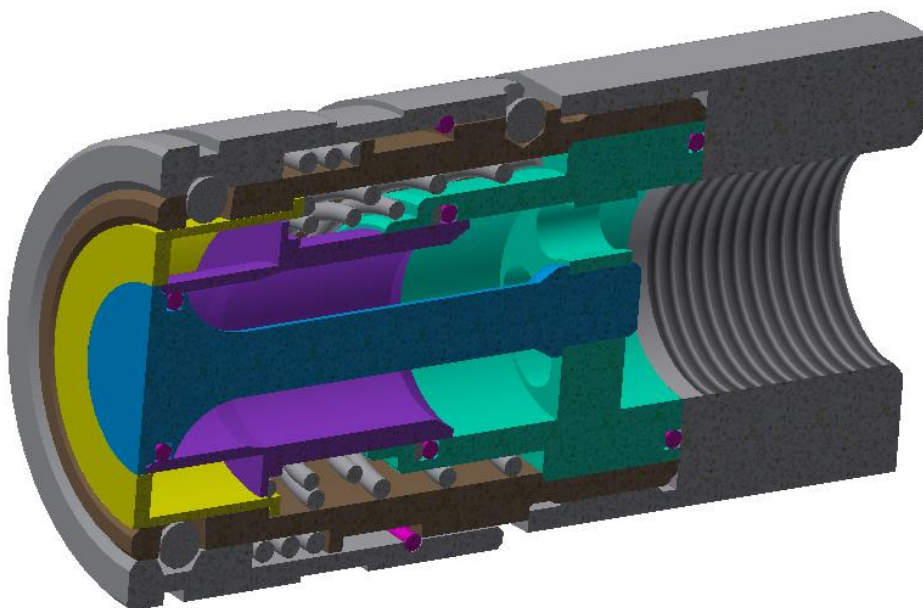
Výsledná konstrukce vychází z konceptu 1, který byl v průběhu detailního návrhu vylepšován. Většina kovových dílů bude vyrobena z automatové oceli. Díly z této oceli budou dále galvanicky pozinkovány a následně dojde k pasivaci chromátem Cr^{3+} . Díky této pasivaci se zvýší korozní odolnost. Dále bude nutné zakalit komponenty, které se podílí na funkci kuličkového zámku, protože zde dochází v důsledku působení tlaku od kapaliny a sil od pružin ke kontaktnímu tlaku na malé ploše. Jelikož se jedná o díly z automatové oceli, bude nutné nejprve díly nitrocementovat, aby došlo ke zvýšení obsahu uhlíku a následně je zakalit. Všechna těsnění budou použita z materiálu NBR a opěrné kroužky z teflonu. Na následujících obrázcích je zobrazena dekompozice obou částí rychlospojky včetně jejich řezu.



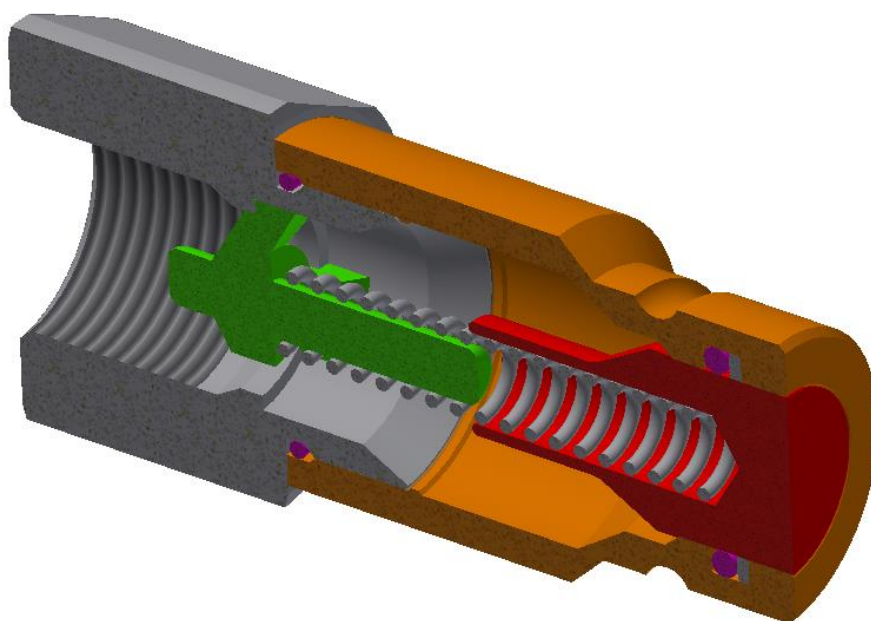
Obrázek 44 - Dekompozice zástrčky



Obrázek 45 - Dekompozice zásuvky



Obrázek 46 - Pohled v řezu na zásuvku



Obrázek 47 - Pohled v řezu na zástrčku

11 Ekonomické zhodnocení

Ceny vyrobených komponentů třískovým obráběním byly poskytnuty firmou KNOMI s.r.o. Cena těchto komponentů byla stanovena na základě ceny materiálu, povrchové úpravy, strojního času a režie. Ročně se předpokládá 5 000 vyrobených kusů. Náklady ostatních komponent byly zjištěny z katalogů výrobců.

Tabulka 22 - Tabulka s jednotlivými komponenty

Název	Počet kusů	Technologie	Cena bez DPH(Kč)
Kuželový ventil	1	CNC soustružnický automat	10,37
Zadní těleso zásuvky	1		16,79
Vodící těleso	1		11
Vnitřní těleso	1		13,99
Vnitřní přesuvka	1		10,56
Těleso zástrčky	1		18,98
Těleso zásuvky	1		22,53
Modulární koncovka zásuvky	1		20,91
Modulární koncovka zástrčky	1		17,48
Pohyblivý ventil	1		9,09
Objímka	1		22,25
Pružina 1	1	Nákup	12
Pružina 2	1		10
Pružina 3	1		20
Pružina 4	1		15
Opěrný kroužek 1	1		2
Opěrný kroužek 2	1		2
Těsnění 23x1,5	1		3
Těsnění 22x1,5	1		1,8
Těsnění 32x1,5	1		5
Těsnění 14x1,5	1		1,5
Těsnění 21x1,5	1		2
Těsnění 15,6x1,5	1		1,5
Kulička velká	12		2,4
Kulička malá	1		0,2
Celkem	36		252,36 Kč

11.1 Stanovení ceny pro zákazníka

Celková cena stanovená v tabulce výše reprezentuje pouze cenu za samotnou výrobu jednotlivých součástí. Dále bude spočítána výsledná cena pro koncového zákazníka.

Výrobní režie – 35% z částky

$$252,36 \cdot 0,35 = 88,42 \text{ Kč}$$

Správní režie – 75% z částky

$$252,36 \cdot 0,75 = 189,5 \text{ Kč}$$

Prodejní náklady – 30% z částky

$$252,36 \cdot 0,30 = 75,8 \text{ Kč}$$

Zisk – 45% ze součtu předešlých hodnot

$$606,12 \cdot 0,45 = 272,8 \text{ Kč}$$

Obchodní marže – 10% ze součtu předchozích hodnot

$$878,9 \cdot 0,1 = 88 \text{ Kč}$$

Bez DPH – součet předchozích hodnot

$$878,9 + 88 = 966,9 \text{ Kč}$$

S DPH – součet předešlých hodnot + 21% DPH

$$966,9 + 203 = \mathbf{1169,9 \text{ Kč}}$$

11.2 Srovnání s konkurencí

Cena rychlospojky FIRG řady ISO 12,5, která sloužila jako popis výchozího stavu, je v kompletu za 1282,4 Kč. Navržené řešení je o 112,5 Kč levnější. Z tohoto tvrzení vyplývá, že je produkt konkurenceschopný na trhu a tím pádem byla inovace úspěšná.

12 Závěr

Cílem této diplomové práce byla inovace bezúkapové hydraulické rychlospojky řady ISO 12,5, která slouží k spojení a rozpojení hydraulických obvodů bez ztráty většího objemu kapaliny. Inovace byla provedena na základě mezinárodní normy ISO 16028, kde jsou definovány základní požadované parametry hydraulických rychlospojek. V normě jsou také uvedeny rozměry některých součástí rychlospojky, které musí být dodrženy, aby bylo možné splnit podmínku zaměnitelnosti obou konců rychlospojek od různých výrobců.

První část práce je zaměřena na seznámení s problematikou rychlospojek. Pro popis současného stavu byla rozebrána bezúkapová rychlospojka FIRG, ze které byly získány základní rozměry některých komponent. Dále byla popsána samotná funkce rychlospojky a její nedostatky. V další části proběhly úvodní fáze inovačního cyklu. Jako první byl určen inovační záměr, popisující hlavní předmět inovace. Následně bylo definováno inovační prohlášení, kde jsou určeny směry, které by v průběhu inovaci měly být dodržovány. Následoval průzkum trhu zaměřený na bezúkapové hydraulické rychlospojky a na různé druhy těsnících kroužků. Po tomto kroku byla na základě rozebrané rychlospojky vytvořena funkčně - objektová analýza. V této analýze byly zjištěny jednotlivé funkce mezi komponenty, které byly rozděleny na užitečné a nedostatečné. Následovala kapitola generování konceptu, kde byla nejprve provedena patentová rešerše v oblasti hydraulických rychlospojek. Vyhledávání patentů proběhlo v databázi patentinspiration. Na základě nedostatků zjištěných ve funkčně – objektové analýze a objevených patentů, byly vytvořeny 3 koncepty rychlospojky, které musely podléhat rozměrům normy. Pro každý koncept byly nalezeny výhody a nevýhody. Následoval výběr vhodného konceptu pomocí metody AHP. Nejprve se určila požadovaná rozhodovací kritéria, kterým byla přiřazena významnost. Následovalo vyhodnocení relativních priorit na základě jednotlivých konceptů a bylo určeno jejich pořadí. Další kapitola se zabývala optimalizací vítězného konceptu. Na koncept byly aplikovány DFX metody. Nejprve byla aplikována metoda DFA Lucas na zástrčku rychlospojky. Pomocí zmíněné metody byl zmenšen počet součástí a tím došlo ke zvýšení efektivnosti návrhu sestavy. Díky tomuto zvýšení se zároveň snížil poměr pomocných a spojovacích operací. Následovalo použití metody

DFM, kde byly upraveny díly, které nebyly navrženy s ohledem na technologičnost konstrukce. Poté se aplikovala analytická metoda FMEA – K, ze které byly zjištěny potenciální vady jednotlivých komponent. Vady, jejichž hodnota RPN přesáhla minimální hodnotu, musely být přezkoumány a na základě doporučených opatření odstraněny.

Ve výpočtové části byly nejdříve spočítány základní charakteristiky navržených pružin, u kterých byla následně provedena pevnostní kontrola. Další výpočet se týkal součástí namáhaných vnitřním tlakem. Součásti byly zkontrolovány podle teorie tlustostěnných nádob. Redukované napětí bylo uvažováno dle hypotézy HMM a bezpečnost byla vztažena k mezi kluzu. Následoval výpočet velikosti úkapu, který byl spíše teoretický, protože samotná velikost úkapu při rozpojení se měří pomocí speciální testovací metody. Posledním analytickým výpočtem byly spočítány rychlosti proudění oleje v jednotlivých částech hydraulické rychlospojky pomocí rovnice kontinuity pro nestlačitelnou kapalinu. Pro podpoření analytických výpočtů byl také proveden výpočet metodou konečných prvků. MKP analýza rychlosti proudění kapaliny v rychlospojce ověřila správnost výsledků analytického řešení. Další MKP analýza byla provedena na působení vnitřního tlaku na rychlospojku. V tomto případě se výsledky lišily. Výpočet pomocí teorie tlustostěnných nádob platí pouze pro ideální případy s nekonečně dlouhým pláštěm a přítomnost různých vrubů uvnitř hydraulické rychlospojky má za následek nepřesnost analytického výpočtu.

Součástí práce je také hodnotová analýza, ve které byly komponentům přiřazeny funkce. Těmto funkcím se poté vypočítaly poměrné náklady a byl vytvořen graf nákladů na plnění funkce. Po dokončení inovačních metod a výpočtů byla vytvořena finální konstrukce hydraulické rychlospojky s jednotlivými komponenty, která splňuje požadavky normy. Následně bylo provedeno ekonomické zhodnocení všech komponentů sestavy a určena koncová cena pro zákazníka. Nakonec byla vytvořena výkresová dokumentace zvolených dílů včetně sestav obou částí rychlospojky.

Seznam literatury

- [1] PEŠÍK, L. Části strojů. 1. díl. Liberec: TU 2005. ISBN 978-80-7372-573-0
- [2] MAŠÍN, I. Inovační inženýrství - Plánování a návrh inovovaného výrobku. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 168s. ISBN 978-80-7372-852-6.
- [3] MAŠÍN I. a P. JIRMAN. Metody systematické kreativity. Liberec: Technická univerzita v Liberci 2012. ISBN 978-80-7372-853-3
- [4] ŘASA, J.; ŠVERCL, J. Strojnické tabulky. Praha 5: Scientia spol s.r.o., 2004, ISBN 80-7183-312-6.
- [5] ISO 16028:1999. *Hydraulic fluid power - Flush-face type, quick-action couplings for use at pressures of 20 MPa (200 bar) to 31,5 MPa (315 bar)*. ISO, 1999.
- [6] ISO 18869. *Hydraulic fluid power - Test methods for couplings actuated with or without tools*. Geneva: ISO, 2017.
- [7] *Katedra hydrauliky a hydrologie - K141* [online]. Copyright ©y [cit. 19.05.2020]. Dostupné z: http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HYAR/ke_stazeni/Historie.pdf
- [8] Bezodkapové hydraulické rychlospojky - Haberkorn. *Eshop s komponenty pro stavbu strojů - Haberkorn* [online]. Copyright © Haberkorn s.r.o. [cit. 19.05.2020]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/hydraulicke-komponenty/hydraulicke-rychlospojky/bezodkapove/>
- [9] APM rychlospojky (vsuvky) bezodkapové Stucchi | KOVAZ. *KOVAZ.cz - Hydraulika pneumatika hadice těsnění* | KOVAZ [online]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/apm-rychlospojky-vsuvky-bezodkapove-stucchi-c4902/>
- [10] A bezodkapové rychlospojky Stucchi | KOVAZ. *KOVAZ.cz - Hydraulika pneumatika hadice těsnění* | KOVAZ [online]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/a-bezodkapove-rychlospojky-stucchi-c4898/>
- [11] A-HD bezodkapová rychlospojka Stucchi | KOVAZ. *KOVAZ.cz - Hydraulika pneumatika hadice těsnění* | KOVAZ [online]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/a-hd-bezodkapova-rychlospojka-stucchi-c4903/>

- [12] A-HP bezodkapové rychlospojky pro vysoké tlaky | KOVAZ. KOVAZ.cz - *Hydraulika pneumatika hadice těsnění* | KOVAZ [online]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/a-hp-bezodkapove-rychlospojky-pro-vysoke-tlaky-c4933/>
- [13] O-kroužky | specialisté na těsnění | sittech.cz. *Specialisté na těsnění, pryže, plasty, brzdové obložení* | sittech.cz [online]. Copyright © SITTECH CZ s. r. o., V [cit. 19.05.2020]. Dostupné z: <https://www.sittech.cz/o-krouzky>
- [14] O-kroužky NBR -40°C až 130°C | KOVAZ. KOVAZ.cz - *Hydraulika pneumatika hadice těsnění* | KOVAZ [online]. [cit. 19.05.2020]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/o-krouzky-nbr-40-c-az-130-c-c2346/>
- [15] PIKRON.cz - váš dodavatel řemenových pohonů a těsnění. [online]. Copyright © [cit. 19.05.2020]. Dostupné z: <https://www.pikron.cz/admin/images/1060.pdf>
- [16] Materiály pro hydraulické těsnění, Elastomery, Polyuretany, Plast - SITTECH HYDRAULIKA. *Hydraulické a pneumatické těsnění - SITTECH HYDRAULIKA* [online]. Copyright © SITTECH HYDRAULIKA, s.r.o. 2016 [cit. 19.05.2020]. Dostupné z: <http://www.sittech-hydraulika.cz/materialy>
- [17] Hydraulické rychlospojky | Haberkorn. *Váš partner pro stavbu strojů* | Haberkorn [online]. Copyright © Haberkorn s.r.o. [cit. 19.05.2020]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/hydraulicke-rychlospojky/>
- [18] TractorByNet - Compact Tractors & Equipment Resource [online]. Copyright ©P [cit. 24.05.2020]. Dostupné z: <https://www.tractorbynet.com/forums/files/kubota-owning-operating/530038d1511966111-fix-pressure-bound-hydraulic-couplers-p1060509a-jpg>
- [19] STUCCHI SRL[IT], *Quick coupling pipe fitting with safety valve and pressure relieve valve*, Vynálezce STUCCHI GIOVANNI. Itálie. Patent, US6026857A. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US6026857?q=US6026857A>
- [20] ALFA GOMMA SPA[IT], *Quick coupling for fluid under pressure*, Vynálezci Gennasio Enrico, Mazzoli Stefano, Doi Rinaldo. Itálie. Patent, US2017261140A1. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US20170261140A1/en?q=US2017261140A1>

- [21] GOBBI GIANFRANCO[IT], *Quick-acting coupling for piping connecting and disconnecting*, Vynálezce Gobbi Gianfranco. Itálie. Patent, CZ280921. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/CZ280921B6/cs?oq=CZ280921>
- [22] O-KROUŽEK | IVAR CS : komponenty pro vodu, vytápění a plyn. IVAR CS : komponenty pro vodu, vytápění a plyn [online]. Copyright © IVAR CS spol. s r. o., 2020, [cit. 01.06.2020]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/katalog/vytapeni-ivartrio/o-krouzek-p139639/>
- [23] KAMLOK TĚSNĚNÍ PTFE/FKM v Polypropylénový Kamlok na www.gms.cz. GMS Velkoobchod s.r.o. - hadice a pryže [online]. Copyright © 2018 GMS velkoobchod s.r.o. [cit. 01.06.2020]. Dostupné z: <https://www.gms.cz/kamlok-tesneni-ptfe-fkm>
- [24] TESCOA Těsnění silikonové na tlakový hrnec - BIO EXCLUSIVE a PROMINENT - domacipotreby.cz. Domácí potřeby KUDRNÁČ [online]. Dostupné z: <https://www.domacipotreby.cz/tescoma-tesneni-silikonove-na-tlakovy-hrnec-bio-exclusive-a-prominent-p1502/>

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Inovační prohlášení	17
Tabulka 2 - Bodové preference	31
Tabulka 3 - Matice párového porovnání kritérií	31
Tabulka 4 - Normalizovaná matice kritérií	31
Tabulka 5 - Matice porovnání konceptů podle kritéria těsnost	31
Tabulka 6 - Normalizovaná matice párového porovnání konceptů podle kritéria těsnost	32
Tabulka 7 - Matice porovnání konceptů podle kritéria počet dílů	32
Tabulka 8 - Normalizovaná matice párového porovnání konceptů podle kritéria počet dílů	32
Tabulka 9 - Matice porovnání konceptů podle kritéria jednoduchost výroby dílů	32
Tabulka 10 - Normalizovaná matice párového porovnání konceptů podle jednoduchosti výroby dílů	32

Tabulka 11 - Matice porovnání konceptů podle kritéria průtok kapaliny	32
Tabulka 12 - Normalizovaná matice párového porovnání konceptů podle kritéria průtok kapaliny.....	33
Tabulka 13 - Matice porovnání konceptů podle kritéria jednoduchost montáže.....	33
Tabulka 14 - Normalizovaná matice párového porovnání konceptů podle jednoduchosti montáže.....	33
Tabulka 15 – Relativní priorita kritérií	33
Tabulka 16 - Relativní vektory priorit	33
Tabulka 17 - Vyhodnocení priorit (konceptů)	33
Tabulka 18 – Původní návrh.....	35
Tabulka 19 – Nový návrh	36
Tabulka 20 - FMEA - K.....	40
Tabulka 21 - Nákladový list.....	58
Tabulka 22 - Definování funkcí.....	59
Tabulka 23 - Nákladově funkční matice.....	60
Tabulka 24 - Tabulka s jednotlivými komponenty	64

Seznam obrázků

Obrázek 1- Bezúkapová rychlospojka FIRG ISO 12,5.....	12
Obrázek 2 - Popis komponent zásuvky.....	13
Obrázek 3 - Popis komponent zástrčky	13
Obrázek 4 - Obě části rychlospojky před spojením	14
Obrázek 5 - Obě části rychlospojky po spojení	14
Obrázek 6 - Ukázka těsnění v obou částech rychlospojky	15
Obrázek 7 - Částečné propojení obou částí	16
Obrázek 8 - Úplné propojení hydraulického obvodu.....	16
Obrázek 9 - Aplikace rychlospojek [18].....	18
Obrázek 10 - Rychlospojka série A [10]	18
Obrázek 11 - Rychlospojky série A-HD [11]	19
Obrázek 12 - Rychlospojka série A-HP [12].....	19
Obrázek 13 - Rychlospojka série APM	20
Obrázek 14 - Těsnící spára [13].....	21

Obrázek 15 - NBR těsnění [14]	21
Obrázek 16 - EPDM těsnění [22]	22
Obrázek 17 - Teflonové těsnění [23]	22
Obrázek 18 - Silikonové těsnění [24]	23
Obrázek 19 - Funkcí - objektová analýza	24
Obrázek 20 - Patent 1 [19]	25
Obrázek 21 - Patent 2 [20]	26
Obrázek 22 - Patent 3 [21]	26
Obrázek 23 - Koncept A	27
Obrázek 24 - Koncept B	28
Obrázek 25 - Koncept C	29
Obrázek 26 - Původní návrh zástrčky	35
Obrázek 27 - Nový návrh zástrčky	36
Obrázek 28 - Původní zajištění	37
Obrázek 29 - Nové zajištění	37
Obrázek 30 - Původní řešení	38
Obrázek 31 - Nové řešení	38
Obrázek 32 - Válcová pružina tlačná	41
Obrázek 33 - Působení tlaku	47
Obrázek 34 - Válcová mezera	51
Obrázek 35 - Vysíťovaný model sestavy rychlospojky	53
Obrázek 36 - Rychlosti proudění	53
Obrázek 37 - Detail maximální rychlosti průtoku	54
Obrázek 38 - Objem s maximální rychlosti	54
Obrázek 39 - Rychlostní profily zobrazeny pomocí vlasečnic	55
Obrázek 40 - Vysíťovaný model	55
Obrázek 41 - Okrajové podmínky	56
Obrázek 42 - Napětí von Misses	57
Obrázek 43 - Náklady na plnění funkcí	61
Obrázek 44 - Dekompozice zástrčky	62
Obrázek 45 - Dekompozice zásuvky	62
Obrázek 46 - Pohled v řezu na zásuvku	63
Obrázek 47 - Pohled v řezu na zástrčku	63

Seznam příloh

Příloha 1: Výkres – DP-01-01 – Zadní těleso zásuvky

Příloha 2: Výkres – DP-01-02 – Těleso zástrčky

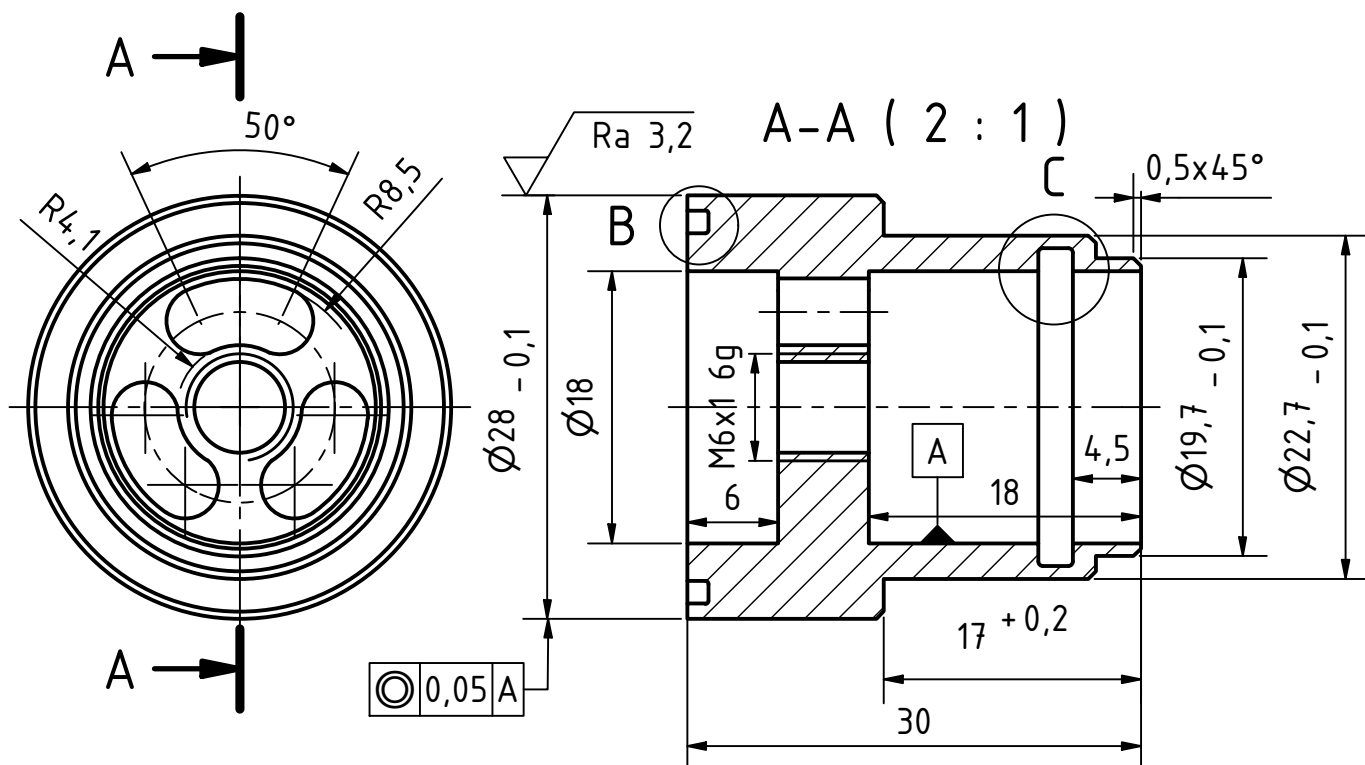
Příloha 3: Výkres – DP-01-03 – Vodící těleso

Příloha 4: Výkres – DP-01-001 – Sestava zástrčky

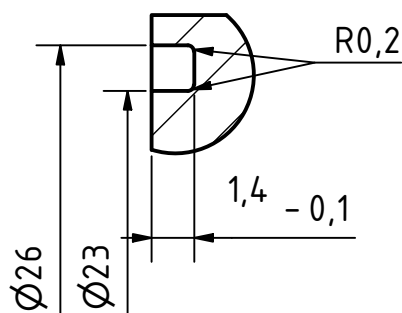
Příloha 5: Výkres – DP-01-002 – Sestava zásuvky

Příloha 6: Výkres – DP-00-001 – Sestava kompletu

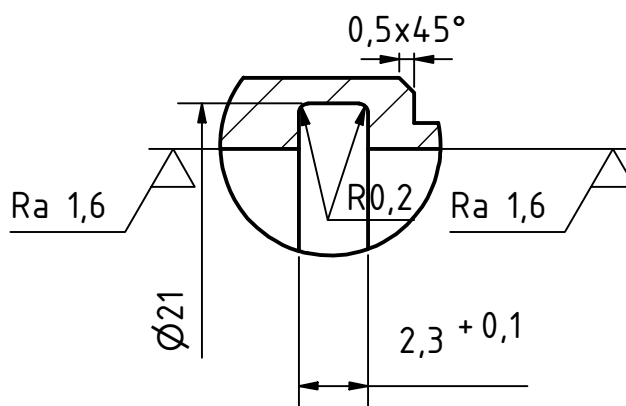
Příloha 7: Kusovník – DP-01-002-K – Sestava zásuvky



B (4 : 1)



C (4 : 1)



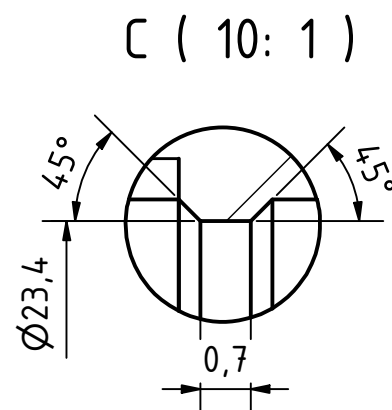
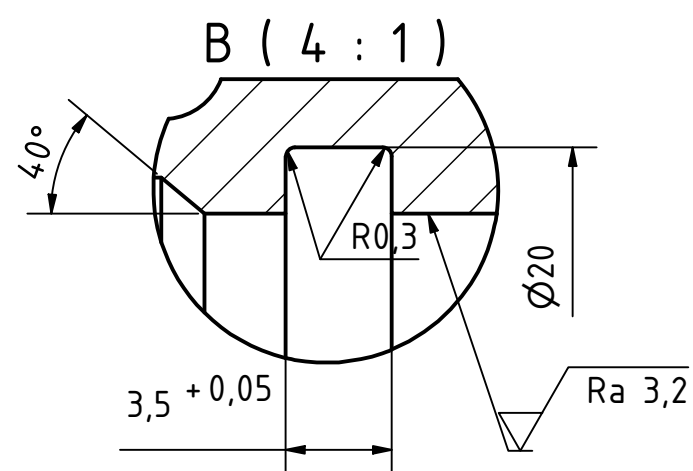
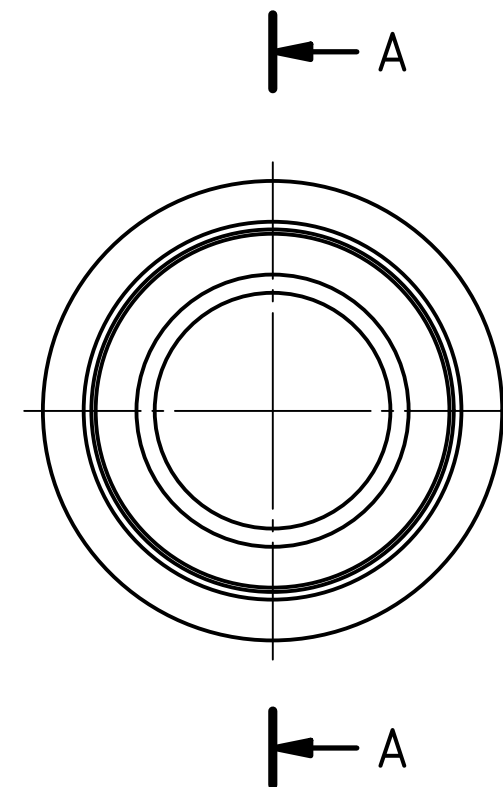
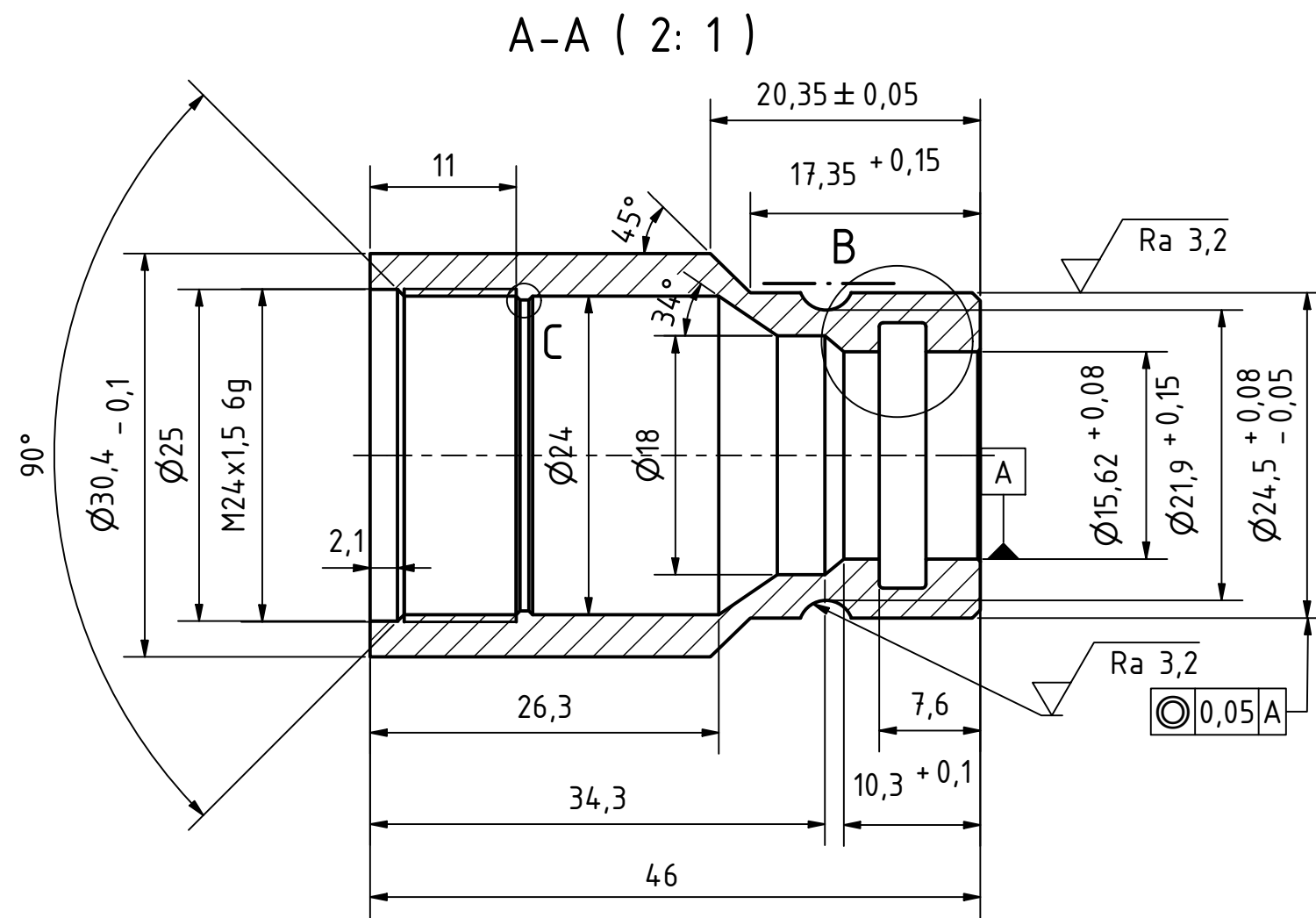
Ostré hrany odjehlít

Povrchová ochrana dle TP-001

Ra 6,3 (Ra 1,6 Ra 3,2)

Rozm.-Polot.		KR 28-32 ČSN 44 5510				PŘESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater.	11SMnPb30	Tř. odp.	
		b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg
		a)					
Změna		Datum	Index	Podpisy			
Měřítka	Pozn.	Navrhl					
1:1		Kreslil	Marek Šikola	Název			
		Přezkoušel					
Č.seznamu	DP-01-002-K	Technolog		Typ	Zadní těleso zásuvky DP-01-01		
Č.sestavy	DP-01-002	Normaliz.		Čís.výkresu			
Starý výkr.		Schválil					
Nový výkr.		Datum	3.6. 2020				

List




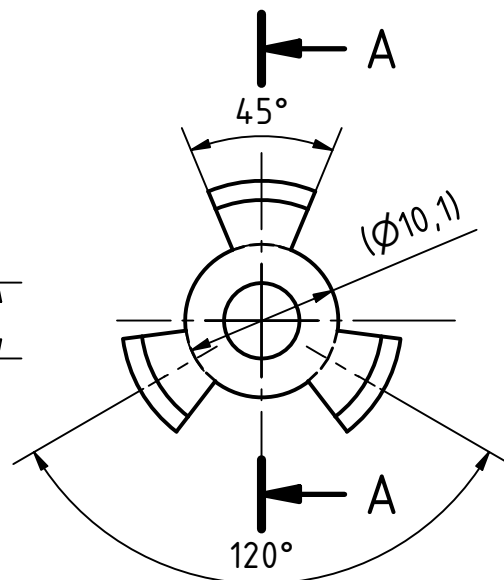
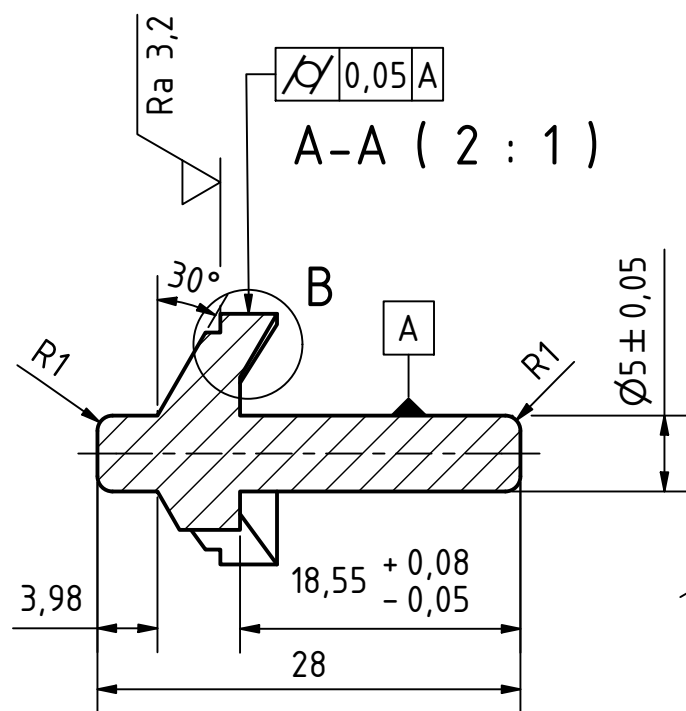
— · — · — Nitrocementováno a kaleno na 50+2 HRC; CHD = 0,4+0,2

Ostré hrany odjehlít

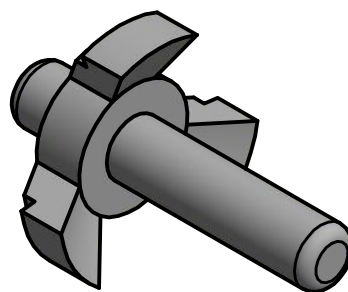
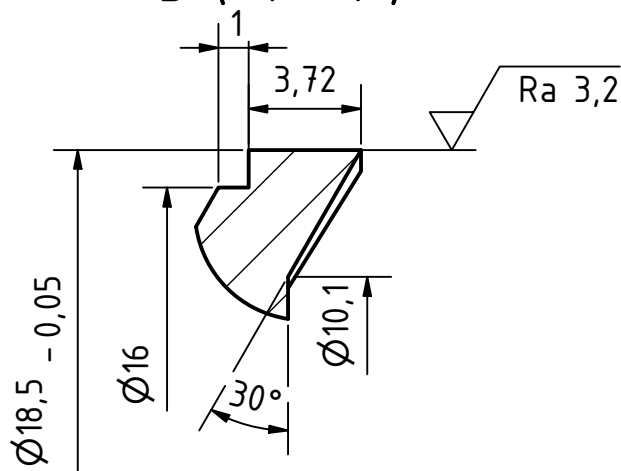
Povrchová ochrana dle TP-001

$\sqrt{Ra\ 6,3}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$)

Rozm.-Polot.	KR 32-48 ČSN 44 5510				PŘESNOST ISO 2768-mK	
	c)		Mater.	11SMnPb30	Tř. odp.	TOLEROVÁNÍ ISO 8015
	b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg
	a)					PROMÍTÁNÍ
Změna	Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci Těleso zástrčky DP-01-02		
Měřítko	Pozn.	Navrhl	Kreslil			
Č.seznamu		Přezkoušel	Technolog			
Č.sestavy	DP-01-001	Normaliz.				
Starý výkr.		Schválil		List		
Nový výkr.		Datum	3.6.2020			

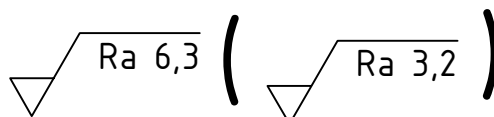


B (4 : 1)

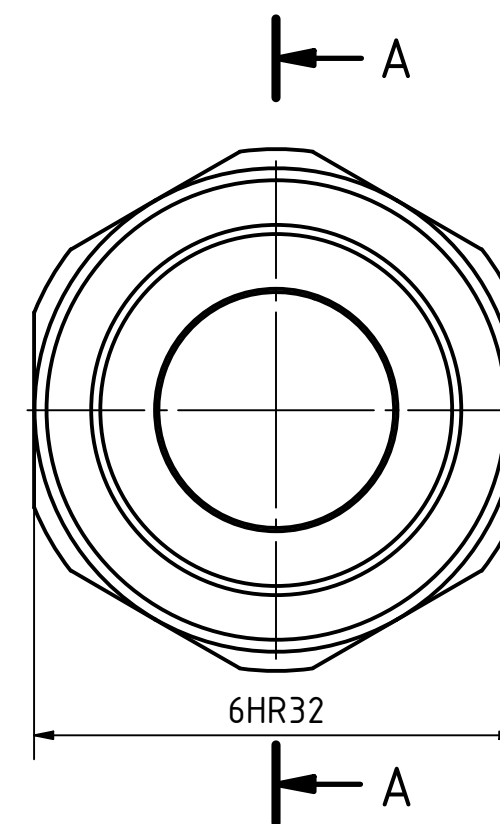
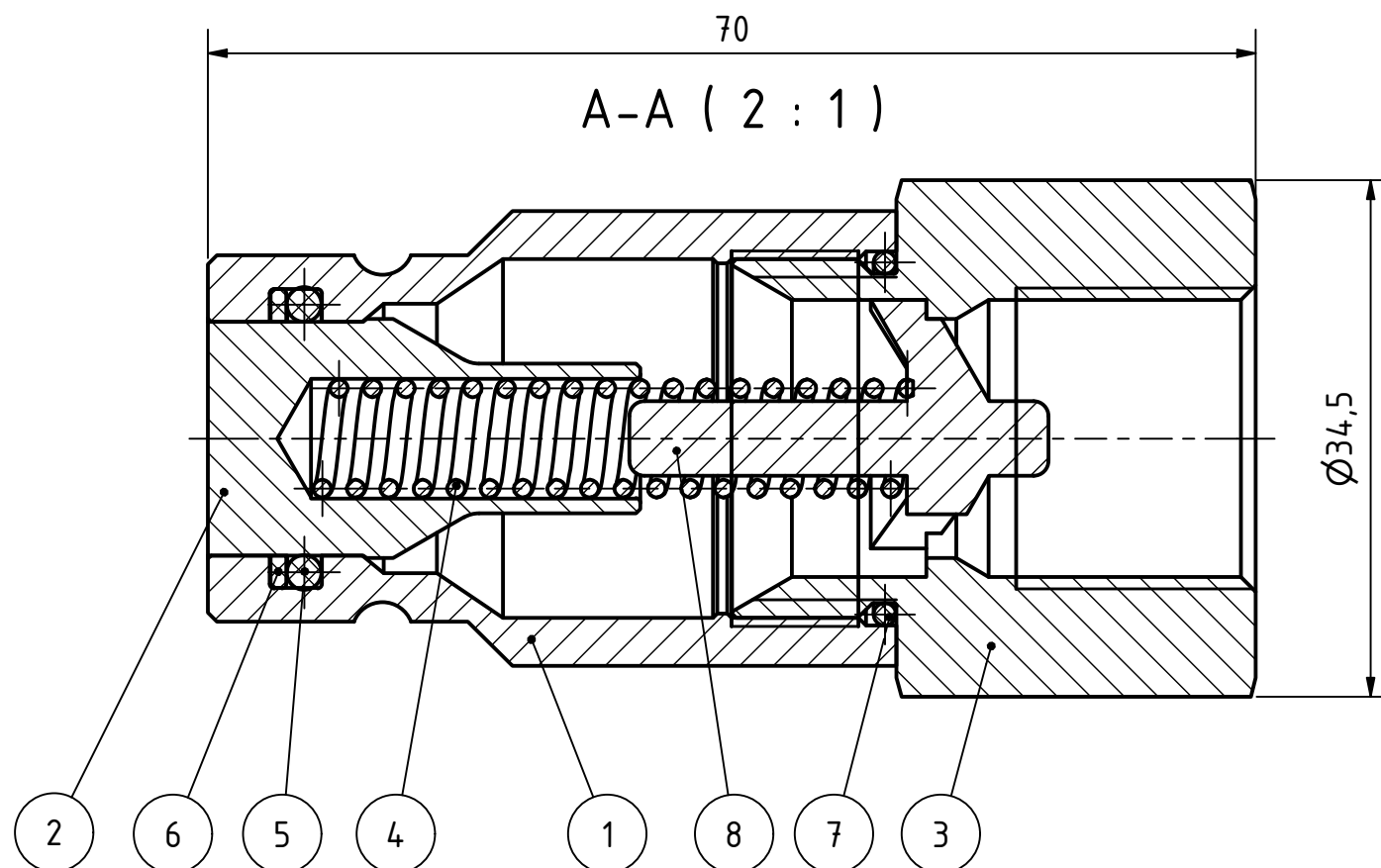


(2:1)


Ostré hrany odjehlít
Povrchová ochrana dle TP-001

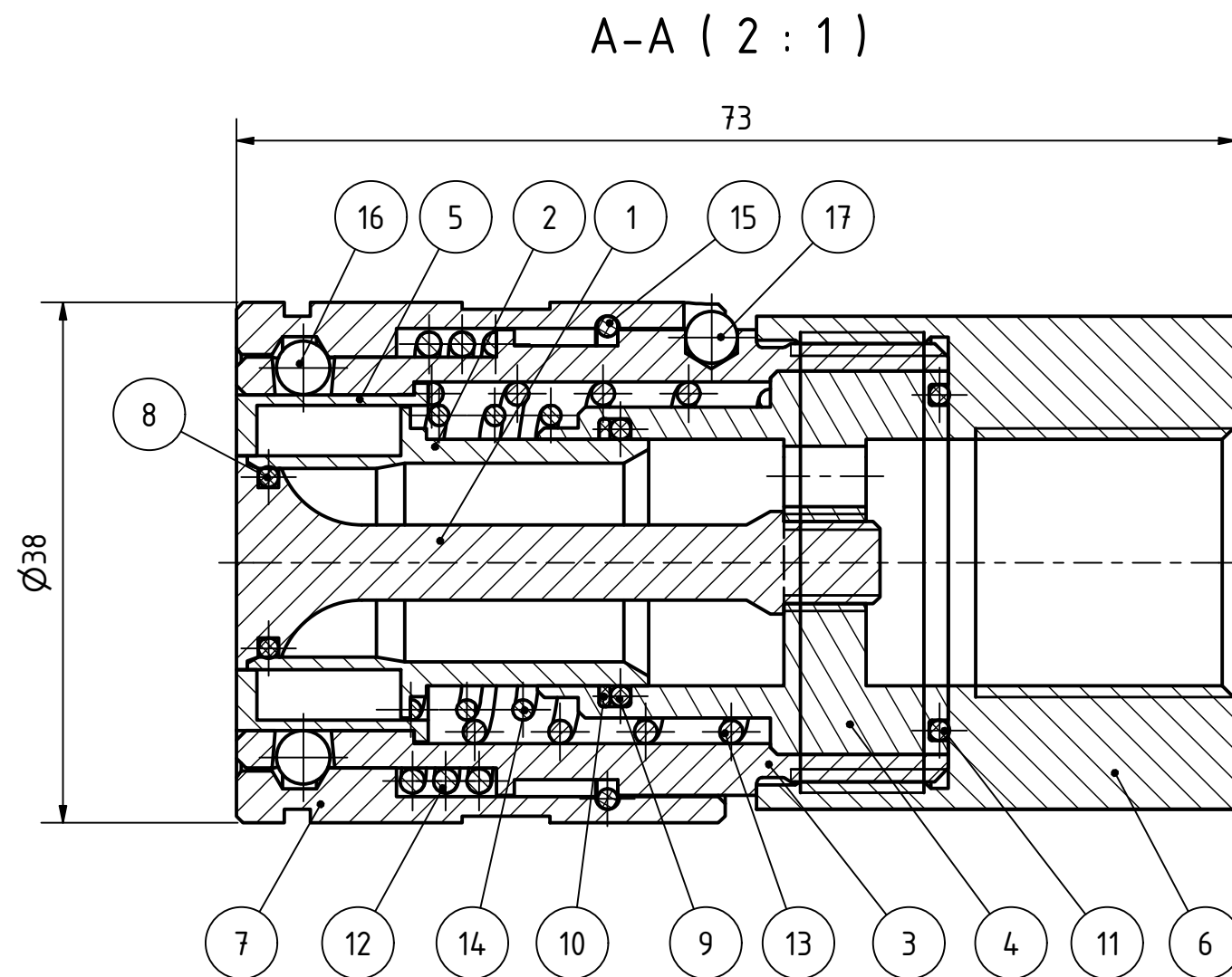
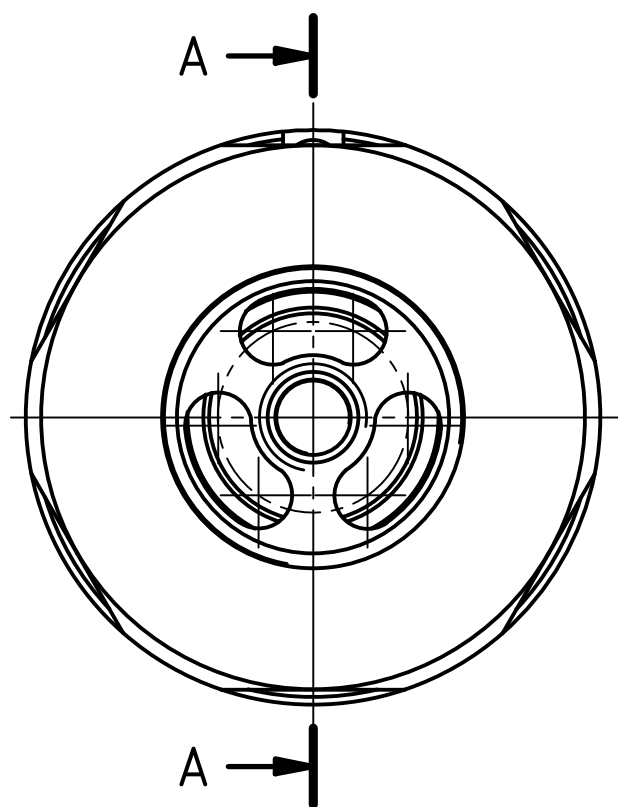




Rozm.-Polot.		KR 19-31 ČSN 44 5510				PŘESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater.	11SMnPb30	Tř. odp.	TOLEROVÁNÍ ISO 8015
		b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	PROMÍTÁNÍ
		a)					
Změna		Datum	Index	Podpisy			
Měřítka	Pozn.	Navrhl					
2:1		Kreslil	Marek Šikola	Název			
Č.seznamu		Přezkoušel					
Č.sestavy	BP-01-001	Technolog		Typ	Vodící těleso DP-01-03		
Starý výkr.		Normaliz.		Čís.výkresu			
Nový výkr.		Schválil					
		Datum	3.6.2020				





KUSOVNÍK					
POZICE	KS	NÁZEV	POLOTOVAR	MATERIÁL	VÝKRES
1	1	TĚLESO ZÁSTRČKY	KR 32-48 ČSN 44 5510	11SMnPb30+C	DP-01-02
2	1	POHYBLIVÝ VENTIL	KR 16-32 ČSN 44 5510	11SMnPb30+C	
3	1	MODULÁRNÍ KONCOVKA ZÁSTRČKY	6HR32-38 ČSN EN 10278	11SMnPb30+C	
4	1	PRUŽINA 1,2 x 7,9 x 42,5 x 18	ČSN 02 6003	54SiCr6	
5	1	O KROUŽEK 2,3x15,6		NBR 90	
6	1	OPĚRNÝ KROUŽEK PTFE 20 x 15,6 x 1,05		PTFE	
7	1	O KROUŽEK 1,5x22		NBR 90	
8	1	VODÍCÍ TĚLESO	KR 19-31 ČSN 44 5510	11SMnPb30+C	DP-01-03

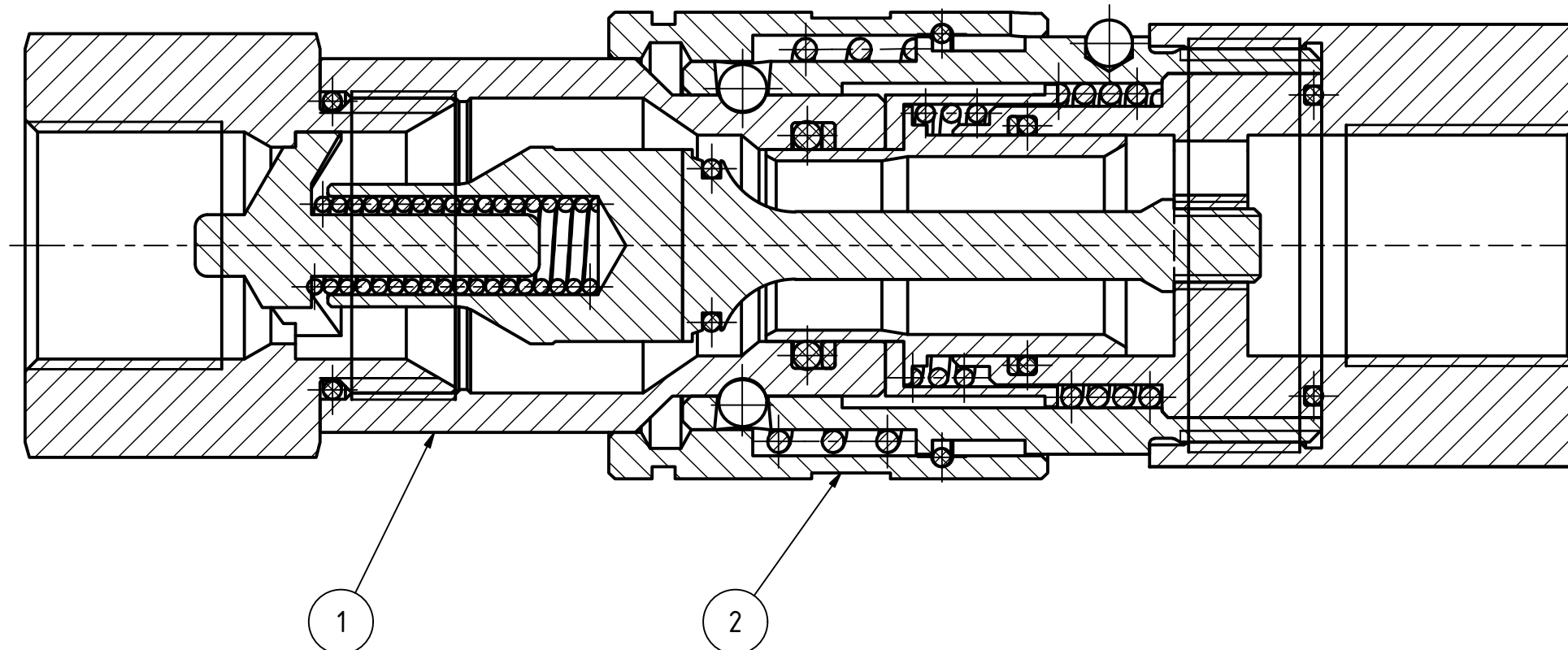
Rozm.-Polot.						PŘESNOST ISO 2768-mK		
		c)		Mater.		Tř. odp.	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
		b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg	
		a)						
Změna		Datum	Index	Podpisy	<div> TU v Liberci</div> <div>SESTAVA ZÁSTRČKY</div> <div>DP-01-001</div>			
Měřítka	Pozn.	Navrhl						Název
2:1		Kreslil	Marek Šíkola					Čís.výkresu
		Přezkoušel						
Č.seznamu		Technolog			Typ			
Č.sestavy		Normaliz.						
Starý výkr.		Schválil						
Nový výkr.		Datum	3.6. 2020					





Rozm.-Polot.						PŘESNOST ISO 2768—mK								
			c)		Mater.	Tř. odp.		TOLEROVÁNÍ ISO 8015						
			b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg	PROMÍTÁNÍ 					
			a)		 TU v Liberci									
Změna		Datum	Index	Podpisy										
Měřítka	Pozn.	Navrhl								SESTAVA ZÁSUVKY				
2:1		Kreslil	Marek Šíkola											
		Přezkoušel												
Č.seznamu	DP-01-002-K	Technolog			Název									
Č.sestavy		Normaliz.			Typ									
Starý výkr.		Schválil			Čís.výkresu									
Nový výkr.		Datum	3.6. 2020		DP—01—002									
					List									

KUSOVNÍK					
POZICE	KS	NÁZEV	NORMA	MATERIÁL	VÝKRES
1	1	KUŽELOVÝ VENTIL	KR 16-50 ČSN 44 5510	11SMnPb30+C	
2	1	VNITŘNÍ TĚLÍSKO	KR 26-32 ČSN 44 5510	11SMnPb30+C	
3	1	TĚLESO ZÁSUVKY	KR 35-54 ČSN 44 5510	11SMnPb30+C	
4	1	ZADNÍ TĚLESO ZÁSUVKY	KR 28-32 ČSN 44 5510	11SMnPb30+C	DP-01-01
5	1	VNITŘNÍ PŘESUVKA	KR 28-16 ČSN 44 5510	11SMnPb30+C	
6	1	MODULÁRNÍ KONCOVKA ZÁSUVKY	6HR36-38 ČSN EN 10278	11SMnPb30+C	
7	1	OBJÍMKA	KR 40-38 ČSN 44 5510	11SMnPb30+C	
8	1	O KROUŽEK 1,5x11	ČSN 02 9307	NBR 90	
9	1	O KROUŽEK 2,3x18	ČSN 02 9307	NBR 90	
10	1	OPĚRNÝ KROUŽEK PTFE 21 x 18 x 0,8		PTFE	
11	1	O KROUŽEK 1,5x23	ČSN 02 9307	NBR 90	
12	1	PRUŽINA 1,8 x 33,7 x 20,1 x 3	ČSN 02 6003	54SiCr6	
13	1	PRUŽINA 1,7 x 26,4 x 50 x 3	ČSN 02 6003	54SiCr6	
14	1	PRUŽINA 1,5 x 23 x 38,5 x 3	ČSN 02 6003	54SiCr6	
15	1	O KROUŽEK 1,5x33	ČSN 02 9307	NBR 90	
16	12	KULIČKA RB 3.9	DIN 5401	100Cr6	
17	1	KULIČKA RB 3.8	DIN 5401	100Cr6	

Rozm. - Polot.						PŘESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater.		Tř. odp.	
		b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg
		a)		PROMÍTÁNÍ 			
Změna		Datum	Index	 TU v Liberci SESTAVA ZÁSUVKY DP-01-002-K			
Měřítka	Pozn.	Navrhl	Podpisy				
		Kreslil	Marek Šíkola				
		Přezkoušel		Název			
Č.seznamu		Technolog		Typ			
Č.sestavy	DP-01-002	Normaliz.		Čís.výkresu			
Starý výkr.		Schválil					
Nový výkr.		Datum	3.6.2020				



KUSOVNÍK									
POZICE	KS	NÁZEV		NORMA		MATERIÁL		VÝKRES	
1	1	Sestava zástrčky						DP-01-001	
2	1	Sestava zásuvky						DP-01-002	
Rozm. – Polot.								PŘESNOST ISO 2768 – mK	
			c)		Mater.		Tř. odp.	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
			b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.	kg	PROMÍTÁNÍ 
			a)						
Změna		Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci				
Měřítko	Pozn.	Navrhl							
2:1		Kreslil		Marek Šíkola		SESTAVA KOMPLETU			
		Přezkoušel							
Č. seznamu		Technolog				Typ			
Č. sestavy		Normaliz.				Čís. výkresu			
Starý výkr.		Schválil				DP – 00 – 001			
Nový výkr.		Datum	3.6. 2020						
List									